

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування

До захисту допущено

Завідувач кафедри

О.В.

Гондляр

«_____»

_____ 2020 р.

Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки 133 – Галузеве машинобудування)

на тему: **Лінія для виробництва плівки з модернізацією екструдера**

Студент групи ЛП-61-1 Мудрик Олександр В'ячеславович _____
(шифр групи) (прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник доцент каф. ХПСМ Чемерис Андрій Олегович _____
(посада, наукова ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Консультанти з розділів:

ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ Борщик С.О. _____

ПЕРЕВІРКА А СХОЖІСТЬ Щербина В.Ю _____

РЕЦЕНЗЕНТ _____
(посада, наукова ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цьому
дипломному проекті немає
запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Студент

(підпис)

Київ 2020 рік

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки –133 – Галузеве машинобудування

Програма професійного спрямування – Інжиніринг, обладнання та технології виробництва полімерних та будівельних матеріалів і виробів.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

О.В.

Гондляр

« _____ » _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Мудрика Олександра В'ячеславовича

(П.І.Б.)

1. Тема проекту лінія для виробництва плівки з модернізацією екструдера , керівник проекту доцент, Чемерис Андрій Олегович, затверджена наказом по університету від « 21 » березня 2020р. №__
2. . Термін подання студентом проекту 11.06.2020р.
3. Вихідні дані до проекту: Довжина робочої частини черв'яка 1890 мм; Довжина зони дозування 315 мм; Довжина зони завантаження; матеріалом, що переробляється, є поліетилен .
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити)
1. Реферат. І. Пояснювальна записка: Вступ. 1. Призначення та галузь застосування лінії ЛРПУ-1500/63; 2. Технічна характеристика преса ЧП-63; 3. Опис і обґрунтування даної конструкції; 4. Патентно – літературний огляд 5. Охорона праці. 6. II. Розрахунки. III. Технологія машинобудування. Перелік посилань.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
 1. Лінія для виробництва плівки на базі ЧП63/30 - формат А1. 2. Загальний вигляд - формат А1
 3. Черв'як з модернізацією – формат А1. 4. Математична модель та результати розрахунків – формат А1.
 5. Корпус – формат А1.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		зав дання видав	зав дання прийняв
Тех. машино будув.	Борщик О.С.		
Перевірка на схожість	Щербина В.Ю.		

7. Дата видачі завдання 21 березня 2020р.

Календарний план

з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Пр имітка
.	Вступ. Технічна характеристика.	06.02.2020 – 12.02.2020	
.	Призначення і галузь застосування.	13.02.2020 – 20.02.2020	
.	Опис конструкції та принцип дії.	21.02.2020 – 26.02.2020	
.	Літературно-патентний огляд.	27.02.2020 – 16.03.2020	
.	Розрахунки.	22.03.2020 – 06.06.2020	
.	Охорона праці	25.05.2020 – 07.06.2020	
.	Технологія машинобудування.	21.05.2020 – 07.06.2020	
.	Висновки.	07.06.2020 – 10.06.2020	
.	Графічна частина.	23.04.2020 – 03.06.2020	

Студент

(підпис)

Мудрик О.В

(ініціали, прізвище)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Чемерис А.О

(ініціали, прізвище)

ЗМІСТ

Реферат з ключовими словами (українська мова).....	1
Реферат з ключовими словами (іноземна мова).....	1
Перелік умовних позначень.....	1
Пояснювальна записка (ПЗ).....	26
Розрахунки (РР).....	31
Технологія машинобудування	16
Додатки.....	8

					ЛП61-1.09.7240.70ДП		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Лінія для виробництва плівки з модернізацією екструдера		
Розроб.		Мудрик О. В.					
Перевір.		Чемерис А.О.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.							
					Літ.	Арк.	Акрушів
						1	
					КПІ ім. Ігоря Сікорського		

РЕФЕРАТ

Виконано дипломний проект на тему «Лінія для виробництва плівки з модернізацією екструдера»

Метою дипломного проекту є модернізація екструдера, після досконального ознайомлення з базовою конструкцією було прийнято рішення модернізувати черв'як. Дипломний проект вміщує «Пояснювальну записку», що складається з 6 розділів.

Дипломний проект містить в собі призначення лінії для виробництва плівки ЛРПУ 1500/63. У роботі надано технічні характеристики та опис лінії, виконанні параметричні, міцнісні та теплові розрахунки які підтверджують працездатність.

В проекті було виконано літературно-патентний пошук завдяки якому було розроблено нове конструктивне виконання черв'яка яке полягає у додаванні бар'єрних витків та зміні змішувальної секції черв'яка завдяки чому ми поширюємо діапазон перероблюваних матеріалів. Розрахунки в програмі ANSYS підтвердили працездатність запропонованих змін.

Була проведена робота по розділу технологія машинобудування в якому було розроблено корпус завантажувального отвору.

Також у проекті було розглянуто відповідності розробленої конструкції вимогам охорони праці для безпечного використання та введення в роботу.

Ключові слова: лінія виробництва плівки, модернізація, черв'як, розрахунки, ansys, бар'єрні витки

					ЛП61-1.09.7240.70ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

The diploma project on the topic "Line for the production of film with the modernization of the extruder"

The purpose of the diploma project is to modernize the extruder, after a thorough acquaintance with the basic design, it was decided to modernize the worm. The diploma project contains an "Explanatory Note", consisting of 6 sections.

The diploma project includes the purpose of the line for the production of LRPU 1500/63 film. The paper provides technical characteristics and description of the line, performing parametric, strength and thermal calculations that confirm the efficiency.

A literary-patent search was carried out in the project, thanks to which a new design of the worm was developed, which consists in adding barrier turns and changing the mixing section of the worm, thanks to which we expand the range of recyclable materials. Calculations in the ANSYS program confirmed the workability of the proposed changes.

Work was carried out on the section of mechanical engineering technology in which the body of the loading hole was developed.

The project also considered the compliance of the developed design with the requirements of labor protection for safe use and commissioning.

Keywords: film production line, modernization, worm, calculations, ansys, barrier coils

					ЛП61-1.09.7240.70ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік позначень

D - діаметр черв'яка, мм;

L - довжині черв'яка, мм;

Gм - продуктивність машини, м³/год;

N - потужність двигуна, кВт;

P - потужність нагрівників, кВт;

p - об'ємна маса матеріалу, кг/ м³;

Tпоч - початкова температура матеріалу, С;

Tкін - температура розплаву на виході, С;

tпоч - температура води початкова, С;

tkін - температура води кінцева, С;

e - ступінь чорноти корпусу машини;

α - коефіцієнт тепловіддачі, Вт/м²*К;

F - площа зовнішньої головки, м²;

n – кількість оборотів червяка, об/хв;

E — модуль пружності, Мпа.

					ЛП61-1.09.7240.70ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ ЛІНІЇ ЛРПУ-1500/63.....	5
2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕСА ЧП-63	7
3 ОПИС І ОБГРУНТУВАННЯ ДАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ.....	9
3.1 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ, ОСНОВНИХ ЗБИРАЛЬНИХ ОДИНИЦЬ ТА ДЕТАЛЕЙ	9
3.2 ВИБІР МАТЕРІАЛІВ	10
4 ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД.	12
4.1 ОБГРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ.....	14
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	17
5.1 ВЕНТИЛЯЦІЯ	18
5.2 ШУМ ТА ВІБРАЦІЯ.....	19
5.3 ПРОМИСЛОВЕ ОСВІТЛЕННЯ	20
5.4 ЕЛЕКТРОНЕБЕЗПЕКА	20
5.5 ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА	22
5.6 НЕБЕЗПЕКА ВПЛИВУ ЧАСТИН, ЩО РУХАЮТЬСЯ І ОБЕРТАЮТЬСЯ.....	24
5.7 РІШЕННЯ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ ПРАЦЮЮЧИХ САНІТАРНО-ГІГІЄНИЧНИМИ УМОВАМИ ПРАЦІ, ПОБУТОВИМИ ПРИМІЩЕННЯМИ, СПЕЦОДЯГОМ	24
5.8 ЗАХОДИ НАДАННЯ ДОЛІКАРСЬКОЇ ДОПОМОГИ ПРИ РОБОТІ З ШКІДЛИВИМИ РЕЧОВИНАМИ.....	25
6. ОЧІКУВАНІ МЕХАНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ТА ВИСНОВКИ.....	1
1 ПАРАМЕТРИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯЧНОЇ МАШИНИ.	4

					ЛП61-1.09.7240.70ПЗ								
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата									
Розроб.		Мудрик О. В.			Лінія для виробництва плівки з модернізацією екструдера				Літ.	Арк.	Акрушів		
Перевір.		Чемерис А.О.									1	45	
Реценз.									КПІ ім. Ігоря Сікорського				
Н. Контр.													
Затверд.													

1.1 РОЗРАХУНОК ГЕОМЕТРІЇ ЧЕРВ'ЯКА	4
1.2 ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ ГОЛОВКИ	5
1.3 ПРОДУКТИВНІСТЬ МАШИНИ ПО ЗОНІ ДОЗУВАННЯ З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ ГОЛОВКИ.....	8
1.4 ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕПАДУ ТИСКУ В ГОЛОВЦІ	10
1.5 РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ ПРИВОДУ	14
2 РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ	16
2.1 РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯКА НА СТИСК.....	17
2.2 РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯКА НА КРУЧЕННЯ.....	20
2.3 РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯКА НА ЖОРСТКІСТЬ.....	21
2.4 РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯКА НА ВИТРИВАЛІСТЬ.....	22
2.5 РОЗРАХУНОК ШЛІЦЬОВОГО З'ЄДНАННЯ.....	23
2.6 РОЗРАХУНОК МІЦНОСТІ БОЛТІВ	24
2.7 РОЗРАХУНОК МАТЕРІАЛЬНОГО ЦИЛІНДРА, НАПРУГ ВІД ДІЇ ТИСКУ	27
2.8 РОЗРАХУНОК ТЕМПЕРАТУРНИХ НАПРУГ	28
3 ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯЧНОГО ПРЕСА.....	30
3.1 ЕНЕРГЕТИЧНИЙ БАЛАНС	31
3.2 ЕНЕРГЕТИЧНИЙ БАЛАНС ТА ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯЧНОЇ МАШИНИ 63X30	32
1 ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ	2
1.1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ КРЕСЛЕННЯ.....	2
1.2 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ ТА УМОВ ЇЇ РОБОТИ У ВУЗЛІ. ВИЗНАЧЕННЯ КЛАСУ ДЕТАЛІ	2
1.3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ І ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА.....	3
1.4 ОПРАЦЮВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ НА ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ ..	4

					ЛП61-1.09.7240.70ДВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

1.5 ВИБІР ЗАГОТОВКИ І ЇЇ ТЕХНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	5
1.6 ВИБІР ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ І ТИПОВИХ СХЕМ ОБРОБКИ ПОВЕРХОНЬ	5
1.7 ВИБІР ТИПУ ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ФРЕЗЕРУВАННЯ ПОВЕРХНІ Ø63H7	7
1.8 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ І ПРИНЦИП РОБОТИ ПРИСТРОЮ	8
1.9 РОЗРАХУНОК СИЛ ЗАКРІПЛЕННЯ	9
1.10 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ СИЛОВОГО ПРИВОДА.	10
ВИСНОВКИ.....	15

ПІСЛЯ ПОТРАПЛЯННЯ ПЕРЕРОБЛЮВАНОЇ КОМПОЗИЦІЇ З РОБОЧОГО КАНАЛУ ЧЕРВ'ЯКА В ПАЗИ 3, ВІДКРИТІ З БОКУ НАРІЗКИ ЧЕРВ'ЯКА, ВОНА ЧЕРЕЗ БАР'ЄРНІ ВІТКИ 5 ЦИЛІНДРИЧНОЇ ВТУЛКИ 1 У ВИГЛЯДІ ТОНКОЇ ПЛІВКИ ПЕРЕТІКАЄ В СУСІДНІ ПАЗИ 3, ВІДКРИТІ З БОКУ НАКОНЕЧНИКА ЧЕРВ'ЯКА (ЛИВ. ФІГ. 1). ЗАВДЯКИ ФОРМІ ПАЗІВ 3 КОМПОЗИЦІЯ В НИХ НЕ ЗАТРИМУЄТЬСЯ, А ВЧАСНО ВИХОДИТЬ ІЗ СЕКЦІЇ І ДАЛІ ПОТРАПЛЯЄ ДО ФОРМУВАЛЬНОЇ ГОЛОВКИ (НЕ ПОКАЗАНО).**ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.**

ВСТУП

Завдання на дипломний проект « Лінія для виробництва плівки з модернізацією екструдера »

Якщо подивитись навколо себе можна побачити що ми користуємось плівкою в її різному виконанні саме тому потрібно модернізувати машини для її виготовлення що призведе до покращення кінцевого матеріалу.

					ЛП61-1.09.7240.70ДВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

Для цього було проведено літературний пошук для ознайомлення зі стандартними конструкційними рішеннями, після цього було прийнято рішення модернізувати черв'як. Після проведення літературно-патентного пошуку можна було виокремити два патента які дадуть змогу не тільки підвищити якість продукції а й покращити показники продуктивності роботи лінії.

Було проведено розрахунки які підтверджують можливість використання запропонованої модернізації, також в програмі ANSYS визначив максимальні напруги які виникають в деталі і переміщення.

					ЛП61-1.09.7240.70ДВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ ЛІНІЇ ЛРПУ-1500/63

Модернізована лінія призначена для виробництва поліетиленової плівки методом роздуву „знизу-доверху” з наступним розрізанням рукава на полотна шириною 1500 мм і з можливістю намотуванням одночасно в два рулони.

Перероблюваний матеріал – гранульований поліетилен високого тиску ГОСТ 16337-77.

Лінія може використовуватись як для промислового виробництва плівки, так і для експериментального відпрацювання технологічного процесу.

Споживачами таких ліній можуть бути невеликі фірми, спеціалізовані підприємства з виробництва упаковочних матеріалів, поліграфії та великі підприємства з великими обсягами виробництва, де випуск плівки не є основною статтею прибутку, а використовується для упаковки основної продукції. Конструкція лінії дозволяє використовувати вироблену плівку для контакту з продуктами харчування, що дає великий економічний ефект, наприклад, в овочівництві може використовуватись як тонка стретч-плівка для упаковки, так і більш товста плівка для облаштування виробничих площ.

Введення різноманітних добавок в перероблюваний матеріал, зокрема барвників, засобів, що запобігають старінню, дозволяють отримувати продукцію з наперед визначеними покращеними показниками.

Лінія (Рисунок 1.1) складається з наступних складової частин:

Вакуумного завантажувача 1 з бункером 2, екструдера одночерв'ячного ЧП-63х30 3, фільтра шибєрного 4, головки кільцевої обертової ГКВ-320 5, кільця охолоджувального 6, пристрою стабілізуючого 7, пристрою складаючого 8,

					ЛП61-1.09.7240.70ДВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

пристрою прийомного 9, естакади 10, пристрою обрізання і відведення кромки 11, верстата намотувального СНП 2-1500 12, електрообладнання.

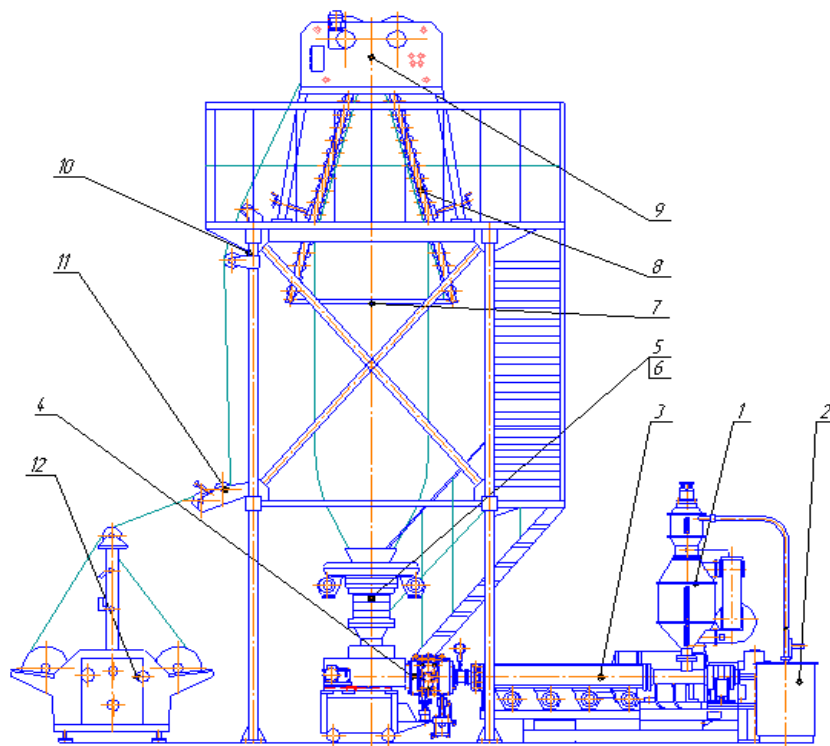


Рисунок 1.1 – Лінія ЛРПУ-1500/63

Послідовність технологічних операцій в роботі лінії наступна: подача сировини в бункер вакуумзавантажника здійснюється оператором.

Гранульований матеріал з бункера через завантажувальну воронку подається в зазор між черв'яком і рифленою втулкою екструдера. Подовжні пази рифленої втулки та інтенсивне водяне охолодження зони завантаження

					ЛП61-1.09.7240.70ДВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

усувають обертання гранул полімеру, що подається, разом з черв'яком і надають їм поступальний рух, що дозволяє ущільнити їх до щільності монолітного матеріалу перед надходженням в зону дозування, де полімер під дією механічної енергії черв'яка і теплової енергії електронагрівачів, розташованих на корпусі, розплавляється, перемішується і у вигляді однорідної маси проходить через фільтр і видавлюється з кільцевої головки у вигляді трубчастої заготовки. Під дією охолоджуючого повітря, що подається кільцем, що охолоджує, на зовнішню поверхню заготовки, відбувається охолодження заготовки і одночасний її роздуб і розтяг. Плівковий рукав, що сформувався, за допомогою стабілізуючого пристрою фіксується у вертикальному положенні таким чином, що його поздовжня вісь проходить через центр формуючого кільцевого зазора головки. Проходячи через складаючий пристрій, рукав сплющується і захоплюється валками тягнучого пристрою. Далі рукав через систему відхиляючих роликів, встановлених на естакаді, потрапляє через пристрій обрізання і відведення кромки на верстат намотувальний, де відбувається намотування плівки у вигляді рукава або полотна в рулон.

2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕСА ЧП-63

Технічна характеристика несе в собі особливу інформацію про апарат. Саме за цими показниками проводиться порівняння зразка з подібними йому та для наступного вибору і обґрунтування обраного варіанту. Основні показники преса ЧП-63 наведено в таблиці 1,1

					ЛП61-1.09.7240.70ДВ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Технічна характеристика

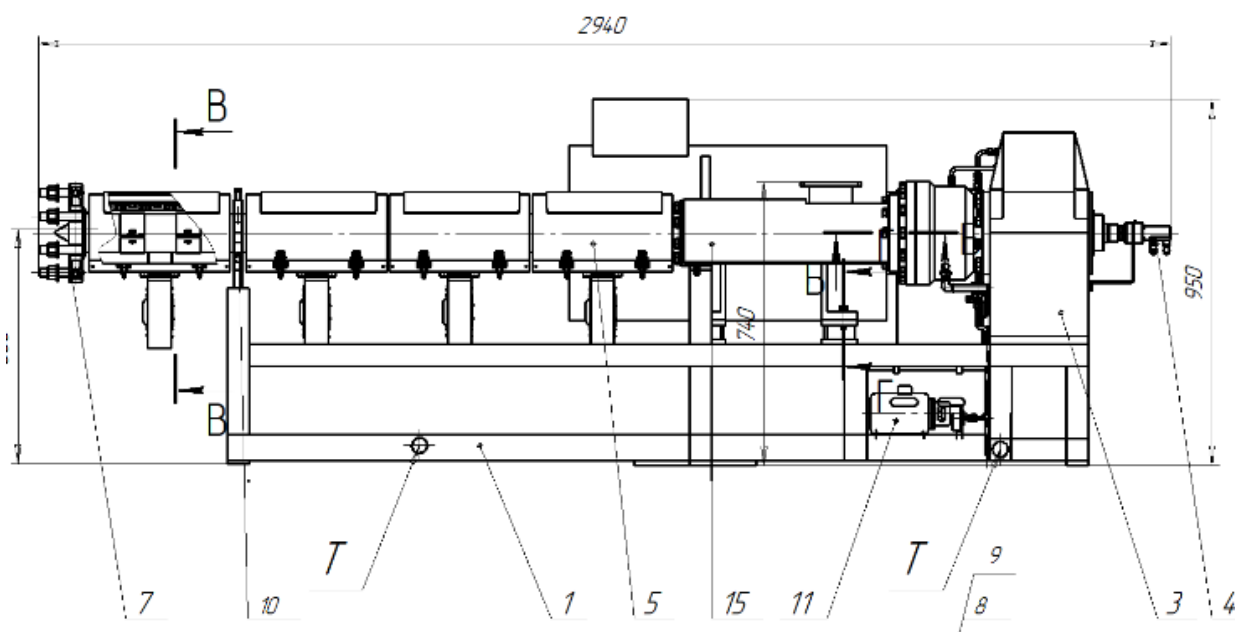
1	Продуктивність при максимальній частоті обертання черв'яка, кг/год	160
2	Діаметр черв'яка, мм	63
3	Відношення робочої довжини черв'яка до його діаметру	30
4	Встановлена потужність електродвигуна, кВт	162
5	Загальна встановлена потужність нагрівників, кВт	9,4
6	Число обертів черв'яка, об/хв	16...160
7	Опір формувальної головки, МПа	75
8	Тиск в циліндрі, МПа	60
9	Витрата води на охолодження преса, м ³ /год	0,4
10	Тиск (без втрат на зливі), МПа	0,3-0,4
11	Температура води, °С	20
12	Маса, кг	2325
13	Габаритні розміри, мм	
	– довжина	2940
	– ширина	930
	– висота	950

					ЛП61-1.09.7240.70ДВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

3 ОПИС І ОБГРУНТУВАННЯ ДАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

3.1 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ, ОСНОВНИХ ЗБИРАЛЬНИХ ОДИНИЦЬ ТА ДЕТАЛЕЙ

Прес черв'ячний ЧП-63 (Рисунок 3.1) складається з циліндру із завантажувальною воронкою 5, редуктора 7, клиноременевої передачі, електродвигуна постійного току 12, черв'яків, рами 2, нагрівників 9 і 10, вентиляторів і системи повітряного охолодження циліндру 11, пристрою охолодження черв'яка 8, завантажувального бункера 6.



1 – циліндр преса; 2 – рама; 3 – черв'як; 4 – кожух; 5 – воронка завантажувальна; 6 - завантажувальний бункер; 7 - редуктор;
8 – пристрій охолодження черв'яка; 9, 10 – індукційні нагрівники;
11 – вентилятор; 12 – електродвигун

					ЛП61-1.09.7240.70ДВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Рисунок 3.1 – Прес ЧП-63.

Циліндр преса 1 представляє собою товстостінну трубу з двома фланцями та твердосплавною наплавкою всередині циліндру. Зовнішня поверхня циліндру розділена на 5 температурних зон. В кожній встановлені електронагрівники індукційні 9 і 10, а також перетворювач термоелектричний, сигнал від якого подається в комплектний пристрій терморегулювання. В чотирьох перших зонах вентилятори охолодження присутні, в п'ятій зоні (перехідній до головки) – відсутній. В завантажувальній частині циліндру на зовнішній поверхні передбачені канали для охолодження завантажувальної воронки 5 водою, витрата води регулюється вручну та за допомогою вентиля. Обертання черв'яка забезпечується від електродвигуна 12 через клиноременну передачу та редуктор 7. Для сприйняття осьових навантажень від черв'яка на тихохідному валу редуктора змонтований упорний підшипник. Редуктор змащується від насоса. В картері редуктора встановлено теплообмінник для охолодження масла водою. В системі змазки передбачено реле тиску, котре повинне давати сигнал для відключення електродвигуна приводу черв'яка при падінні тиску масла в системі менше 0,05 МПа. До тихохідного редуктора кріпиться пристрій охолодження черв'яка 8, котре забезпечує подачу води для охолодження до черв'яку під тиском, ущільнюваними елементами являються гумові манжети. Регулювання витрати води ручне за допомогою вентиля. Всі складальні одиниці пресу змонтовані на зварній рамі 2, а циліндр закритий спеціальним кожухом 4.

3.2 ВИБІР МАТЕРІАЛІВ

					ЛП61-1.09.7240.70ДВ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оскільки в технології ставляться підвищені вимоги до міцності та надійності машини у відповідності з рекомендаціями вибираємо для вузлів і деталей сталь 40ХН2МА (ГОСТ 9940-88) з межею міцності при розтягуванні 200 МПа, а межею плинності 470 МПа. Болти виготовляються із Сталі 40Х(ГОСТ 1050-88), які використовуються для деталей машин з підвищеними вимогами. Шайби виготовляються із сталі Ст3 (ГОСТ 380-94); межа міцності такої сталі при розтягуванні не менше 470 МПа.

					ЛП61-1.09.7240.70ДВ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД.

Під час розроблення дипломного проекту мною було розглянуто наступні патенти:

1 Шнек екструдера для переробки полімерних матеріалів.[1]

Винахід відноситься до галузі устаткування для переробки полімерних матеріалів, зокрема до машин для шнекової пластикації, наприклад екструдерам. Метою винаходу є підвищення продуктивності екструдера за рахунок зменшення зворотного потоку розплаву. Шнек має зони живлення, стискання та дозування. Зона дозування виконана з перемінним, по довжині зони об'ємом витків гвинтового каналу. По гребню гвинтової нарізки в зоні дозування або по всій довжині штоку виконана щонайменше одна гвинтова канавка. Канавка розміщена паралельно боковим сторонам гребня нарізки. Спіральні порожнини канавок є додатковим гідравлічним опором для зворотного потоку розплаву. Це приводить до його зменшення і, як наслідок, збільшує продуктивність екструдера.

2 Екструдер для переробки термопластичних [Ошибка! Источник ссылки не найден.]

Запропонована конструкція дозволяє здійснити поступове відділення розплаву від нерозплавлених гранул та подачу його в зону змішування без помітної втрати тиску на дроселюю чому елементі, що дозволяє підвищити якість розплаву.

3 Черв'як[3]

Розглядається черв'як для змішування, який встановлюється в екструдерах та призначений для збільшення об'єму переробки термопластичних матеріалів. Черв'як відноситься до типу бар'єрних черв'яків, має змішувальну секцію, зі

					ЛП61-1.09.7240.70ДВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

збільшеним діаметром розташовану на центральній ділянці валу. По периферійних ділянках секції виконуються багато численні поглиблення (ніші). При обертанні черв'яка матеріал рухається в напрямку, протилежному руху вала та затікає в поглиблення і здійснює при цьому колоподібні рухи, таким чином матеріал переміщується у двох напрямках, що підвищує якість змішування.

4 Черв'як для формування пластмас.[**Ошибка! Источник ссылки не найден.Ошибка! Источник ссылки не найден.**]

Черв'як відрізняється тим, що крок гвинтової нарізки зі сторони опорної площини, яка розділена гребнями, поступово зменшується від початкової точки, додаткових гребенів і до кінцевої точки. За рахунок додаткових гребенів покращується захват матеріалу, збільшується кількість розплаву і його тиск, що веде до збільшення продуктивності. Оскільки дана конструкція не має серйозних недоліків її використаємо для модернізації лінії для виробництва поліетиленової плівки.

5 Змішувально-диспергувальна секція черв'яка. [5]

Змішувально-диспергувальна секція черв'яка екструдера містить корпус у вигляді циліндричної втулки з центральним шліцьовим отвором, на зовнішній поверхні якої виконано поздовжні пази, що сходяться нанівець і відкриті по черзі з одного боку й закриті з іншого, з утворенням між сусідніми пазами розміщених по черзі штовхальних і бар'єрних витків, при цьому діаметр кола, описаного навколо вершин штовхальних витків, більший за діаметр кола, описаного навколо вершин бар'єрних витків. Бар'єрні витки розміщено паралельно осі циліндричної втулки, а штовхальні - під нахилом до осі циліндричної втулки з тим самим напрямом, що і нарізка черв'яка екструдера.

					ЛП61-1.09.7240.70ДВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

В результаті модернізації покращується змішування матеріалу, досягається скорочення часу підготовки порції розплаву полімеру, в наслідок чого підвищується продуктивність роботи.

4.1 ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ

4.1.1 Модернізація яку я пропоную унеможливилює утворення застійних зон у пазах, а й знижує витрату енергії під час проходження секцією перероблюваної композиції. Вона побудована на базі розглянутого патента [5]. Я пропоную удосконалену конструкцію черв'яка екструдера, який відрізняється тим, що бар'єрні витки розміщено паралельно осі циліндричної втулки, а штовхальні - під нахилом до осі циліндричної втулки з тим самим напрямом, що і нарізка черв'яка екструдера. Суть корисної моделі пояснюється кресленнями, на яких зображено: на Рисунок 4.1— змішувальна секція, загальний вигляд; на Рисунок 4.2 – розрізу А-А змішувальної секції; на Рисунок 4.3 – змішувальна секція, вигляд з торця.

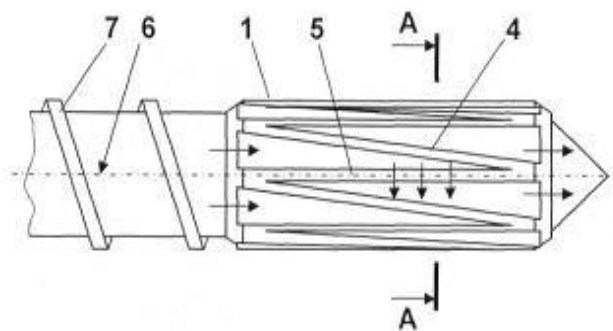
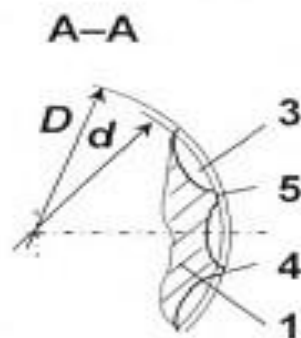
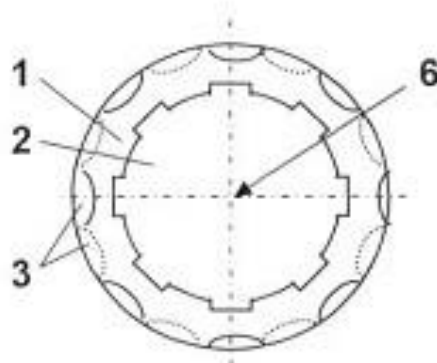


Рисунок 4.1 –Змішувальна секція, загальний вигляд.



Фіг. 2

Рисунок 4.2 – Розріз А-А змішувальної секції



Фіг. 3

Рисунок 4.3 – Змішувальна секція, вигляд з торця.

В результаті модернізації покращується змішування матеріалу, досягається скорочення часу підготовки порції розплаву полімеру, в наслідок чого підвищується продуктивність роботи

Одними з найпоширеніших екструдерів є черв'ячні, основним робочим органом яких є черв'як, який в залежності від матеріалу, що перероблюється можуть виготовляти одно- чи багатосекційним . Зазвичай, черв'яки спеціалізуються під конкретний матеріал або під доволі вузький їх ряд.

Метою роботи є покращення технологічних властивостей черв'яка в напрямку розширення діапазону перероблюваних матеріалів. Для досягнення поставленої задачі використовується рішення запропоноване в патенті [4]. Змішувальна секція черв'яка виконується набірною з ряду змішувальних елементів 3 (Рисунок 4.4), що кріпляться на порожнистому корпусі 1 за допомогою шліцевого з'єднання.

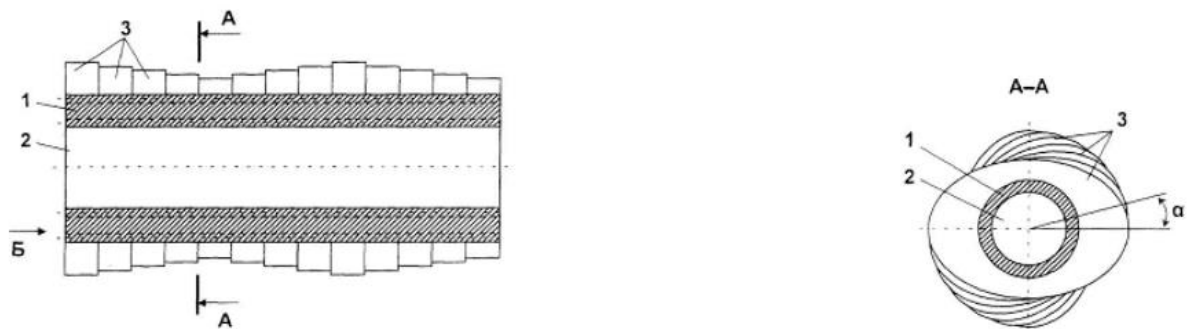


Рисунок 4.4 – Змішувальна секція черв'яка

Змішувальні елементи виконуються у вигляді кулачків, що можуть розташовуватись під довільним кутом α . При цьому вони можуть виконувати штовхальну функцію (кут α знаходиться в діапазоні від 0 до 90°), гальмівну функцію (α від 0 до -90°) або нейтральну змішувальну функцію при куті $\alpha=90^\circ$. В залежності від властивостей перероблюваного матеріалу й необхідного технологічного режиму роботи екструдера змішувальні елементи на секцію встановлюються під певними кутами, секція закріплюється на осерді черв'яка, а черв'як монтується в корпусі екструдера.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Відповідно до закону України про охорону праці в 1992 р., працюючих громадян необхідно забезпечити безпечними умовами праці. Поліпшення умов праці, підвищення безпеки впливають на результати виробництва, на продуктивність праці, якість і собівартість продукції що випускається. Тема агрегат для виробництва плівки з модернізацією формуючого інструмента. В данному розділі дипломного проекту аналізуються умови праці робітника у виробничому приміщенні $S=40\text{м}^2$ і $V=280\text{м}^3$ виготовлення поліетиленової плівки. В продовж роботи лінії найбільш ймовірні такі робочі фактори:

- повітря робочої зони;
- шум та вібрація;
- промислове освітлення;
- електробезпека;
- пожежна небезпека;
- небезпека впливу частин , що рухаються та обертаються.

У виробничому приміщенні працює 1 робітник – оператор. В нашому випадку, згідно ГОСТ 12.1.005-88 робота оператора підлягає під категорію 1б – легка фізична робота, так як до категорії 1б відносяться роботи які, виконуються в положенні сидячи та стоячи або зв'язані з ходінням і супроводжуються незначними фізичними навантаженнями з енерговитратами 121..150ккал/г (140..174 Вт).

					ЛП61-1.09.7240.70ДВ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 – Значення величин температури, відносної вологості та швидкості руху повітря у робочій зоні виробничого приміщення

Період року	Категорія робіт	Температура, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с	
		Опти- мальна*	Факти- чна	Опти- мальна*	Факти- чна	Опти- мальна*	Факти- чна
Холодний період року	б	21-23	19-21	40-60	50-60	0,1	0,1
Теплий період року	б	22-24	22-25	40-60	50-60	0,1	0,2

5.1 ВЕНТИЛЯЦІЯ

Значення величин температури, відносна вологість та швидкість руху повітря у робочій зоні виробничого приміщення приведені у таблиці видно, що фактичні параметри повітря у робочій зоні виробничого приміщення не перебільшують нормативні. У приміщенні передбачене опалення та кондиціонування повітря, безперервно діюча припливно-витяжна вентиляція, яка забезпечує вміст шкідливих речовин в зоні приміщення в межах допустимих концентрацій, в місцях можливого виділення парів складових поліетилену

передбачаються місцеві відсмоктувачі. Технологічна лінія роздування плівки цілком обладнана системами блокувань, що забезпечують її безпечну і безаварійну роботу. Приток повітря проводиться в робочу зону, для боротьби з випромінюванням нагрівачів опору, які розташовані в трьох зонах нагріву, виконане екранування та ізоляція зон обігріву від навколишнього середовища синтетичним матеріалом типу мінеральної вати та двошоровим металевим кожухом з повітряним прошарком, зменшенню випромінювання також впливає система охолодження, яка є елементом системи термостабілізації ДСН 3.3.6.042-99.

5.2 ШУМ ТА ВІБРАЦІЯ

Джерело шуму в приміщенні $L=80$ дБа. В даній машині присутні вузькополісні, непостійні механічні та гідродинамічні шуми від компресора 74 дБа та від екструдера 70 дБа, які не перевищують допустимий рівень.

Джерелом шуму при роботі машини є:

- електродвигун;
- вентилятори охолодження;

Тому потрібно прийняти наступні міри до послаблення шуму:

- змащування всіх поверхонь, що труться;
- використання захисних матеріалів;

Вентилятори невисокої потужності і встановлені на місцях далеко від оператора, тому не створюють шумів, які впливають на працівника.

Робота обладнання лінії виробництва плівки не викликає вібрації яка перевищує допустимі межі згідно з ДСН 3.3.6.037-99 $L=60$ дБа.

					ЛП61-1.09.7240.70ДВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

5.3 ПРОМИСЛОВЕ ОСВІТЛЕННЯ

У приміщенні де встановлена лінія, використовується змішане освітлення, при якому у світлий час доби недостатність природного освітлення доповнюється штучним.

Зорова робота оператора, що обслуговує ТПА, являє собою періодичне загальне спостереження за ходом виробничого процесу. Відповідно

виробниче приміщення відноситься до IV розряду зорової роботи. По IV розряду зорової роботи, по підрозділу (г), та виду освітлення (загальному) знаходимо нормативне значення освітлення – 150 лк.

Штучним джерелом освітлення промислового приміщення є дугові ртутні лампи ДРЛ-400 потужністю 400Вт у кількості 4 шт. і забезпечують світовий потік 19000 лм. Фактичне значення штучного освітлення $E_f=240$ лк, що відповідає нормам

$E_f > E_n$. Для місцевого освітлення використовується вакуумна лампа накаливання НВ, що дає освітлення $E=200$ лк відповідно до ДБН В 2.5.28-2006 .

У приміщенні присутнє природне бічне освітлення, у кількості 3 вікон, розміром 2,5 x 1,5 м.

5.4 ЕЛЕКТРОНЕБЕЗПЕКА

Лінія призначена для експлуатації в протипожежних зонах класу П-Па по ПУЄ.

Для живлення в апараті використовується трьохфазова напруга 220/380В з частотою 50 Гц з ізольованою нейтраллю.

					ЛП61-1.09.7240.70ДВ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основними причинами нещасних випадків від впливу електричного струму є:

- помилкове вмикання установки;
- пробій на корпус;
- старіння ізоляції і втрата ізоляційних властивостей;
- доторкання до відкритих частин електроустаткування, що проводить струм;
- коротке замикання.

Для боротьби з електронебезпекою проектом передбачено:

- Система автоматики організована таким чином, включає в себе запобіжну систему від перевантаження, від короткого замикання;
- Шафи електрообладнання мають кінцеві вимикачі, які розривають електричні кола живлення машини і знеструмлюють її при відкритті дверцят шаф(можлива робота в режимі наладки – “перемикач-робота-наладка”).
- Комп’ютерний контроль стану датчиків на справність, положення і черговість роботи.
- Захист від відхилення живильних та заданих напруг на регулюючих блоках і виконавчих приладах.
- Блокування небезпечної роботи лінії кнопками “стоп” (грибкового типу), встановленими на всіх вузлах, доступних під час роботи обладнання і розміщених з обох сторін лінії (повна зупинка лінії
- Захист і комп’ютерна перевірка пошкодження ізоляції на всіх механізмах і нагрівачах.
- Заземлення.

					ЛП61-1.09.7240.70ДВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Для забезпечення безпеки праці працівника при доторканні до корпусу електроустаткування, нормально знеструмленого, але яке може бути під напругою, проектом передбачено пристрій захисного заземлення. Магістраль заземлення виконується з полосової сталі перерізом 4 x 30 мм.

– Захист від статичного електричного струму.

Для запобігання виникнення статичної електрики в плівочний намотувальник вмонтована станція зйому статичної електрики.

Для захисту від іскрових розрядів статичного струму проектом передбачено відвід зарядів за рахунок приєднання установки, комунікацій, в котрих статичний струм виникає та може накопичуватися, до заземляючого пристрою;

Для захисту від надзвичайних ситуацій, зв'язаних з електробезпекою машина оснащена пультом та автоматикою аварійного вимкнення живлення, також оператор працює на ізолюючому від фундаменту помості.

Робота обладнання лінії не утворює специфічних електромагнітних полів.

5.5 ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА

Пожежна характеристика матеріалів, які присутні на виробництві наведена в таблиці 7.3.

Відповідно до ОНТП 2486 категорія приміщення В. Лінія призначена для експлуатації в протипожежних зонах класу П-ІІа по ПУЄ. Стійкість будівлі по СНиП 2.01.02-85 відповідає ступеню вогнестійкості ІІ. Пожежна характеристика будівельних конструкцій приведені у таблиці 7.2.

В лінії основними факторами виникнення пожежі можуть бути: недотримання персоналом правил технології переробки полімерів; несправність електрообладнання; струм короткого замикання; перевантаження кабелів

					ЛП61-1.09.7240.70ДВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

живлення; загорання ізоляції електропроводів; недотримання персоналом правил технології переробки термопластів; нехтування правилами протипожежної безпеки на підприємстві .

Таблиця 5.2 – Пожежна характеристика основних будівельних конструкцій

№	Основні будівельні конструкції	Межа вогнестійкості, ч
1	Несучі стіни, колони	2
2	Внутрішні стіни, перегородки	2
3	Несучі конструкції міжповерхових і дахових перекриттів	0,75

При займанні системи автоматики, необхідно першим чином вимкнути систему електроживлення потім, можна гасити пожежу, якщо вимкнути неможливо, то електрообладнання можна гасити лише вуглекислотними, вуглекисотно-бромметиловими, порошковими та хладоновими вогнегасниками, вуглекисотно-бромметиловими вогнегасниками рекомендується гасити пожежі через віконні та дверні прорізи, так як заряд вогнегасника токсичний. Тому запобігання загорання у виробничому приміщенні є вуглекислотні вогнегасники ОУ-5 (4 шт.) – для гасіння невеличких ділянок при відключеному електроустаткуванні та у виробничому і складському приміщенні передбачена мережа автоматичної пожежної сигналізації і засобів оперативного зв'язку з пожежною частиною. Відповідно до СНП 2.09.02-85 в приміщенні знаходяться два евакуиходи. Сам цех – це приміщення, яке розташоване на першому поверсі. Ширина шляхів евакуації не менше одного метру, а дверей на шляху евакуації –

не менше 0,8 м. засоби пожежогасіння повинні бути справні та розміщатися у легко доступних місцях. Аварійний запас протипожежних засобів та спецодягу повинно зберігатися в установленому місці.

5.6 НЕБЕЗПЕКА ВПЛИВУ ЧАСТИН, ЩО РУХАЮТЬСЯ І ОБЕРТАЮТЬСЯ

Небезпеку для працівника в даній лінії представляють обертова головка, вентилятори, пристрої приймання і намотування. Для захисту від контакту частин тіла робітника з приводом головки і вентиляторами використані кожухи з конструкцією, яка повністю виключає доступ робітника до частин що обертаються. Валки пристроїв приймання і намотування можуть затягнути робітника і нанести травму. Вони мають захисну ізоляцію загородженням з системою запобіжної автоматики у вигляді підйомної штанги навколо валків, які тягнуть або намотують плівку. При підйомі загородження технологічний процес неможливий, тому, що кінцевий вимикач, який приводиться в дію штангою знеструмлює пристрій і зупиняє його.

5.7 РІШЕННЯ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ ПРАЦЮЮЧИХ САНІТАРНО-ГІГІЄНИЧНИМИ УМОВАМИ ПРАЦІ, ПОБУТОВИМИ ПРИМІЩЕННЯМИ, СПЕЦОДЯГОМ

Робітники, які працюють на даному виробництві відносяться до групи виробничого процесу –16. Побутове і санітарне обслуговування працюючих на виробництві плівки передбачається проектом в адміністративно-побутовому приміщенні в існуючій пристройці розміром 12 х 24 м. Для працюючих

					ЛП61-1.09.7240.70ДВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

передбачена кімната споживання їжі, кімната відпочинку. Обслуговуючий виробництво персонал повинен забезпечуватись спецодягом, спецвзуттям. Так як у виробництві одержання п/е плівки неминучий контакт обслуговуючого персоналу з шкідливими речовинами, що виділяються в зв'язку з конструктивними особливостями обладнання і проведенням процесів при температурі, близькій до температури розкладення полімерів працівникам цих виробництв установлюються допоміжні пільги. Для контролю за складом шкідливих речовин у повітрі робочої зони виробничої ділянки повинен бути забезпечений відбір проби повітря не рідше одного разу в квартал при характерних виробничих умовах. Результати, одержані при одноразовому відборі проби, чи при середніх значеннях послідовно відібраних проб, прирівнюються до величин ГДКр.з. парів шкідливих речовин.

5.8 ЗАХОДИ НАДАННЯ ДОЛІКАРСЬКОЇ ДОПОМОГИ ПРИ РОБОТІ З ШКІДЛИВИМИ РЕЧОВИНАМИ

Вдихання продуктів термічного розкладу поліетилену може викликати подразнення дихальних шляхів, шлунково-кишкові розладнання.

Загальні заходи першої допомоги незалежно від стану шкідливих речовин включають наступні заходи:

- винести потерпілого з зони забруднення на свіже повітря;
- при попаданні на шкіру – змити струменем води;
- у разі подразнення слизових оболонок верхніх дихальних шляхів – рекомендуються інгаляція содовим розчином;
- при попаданні у шлунково-кишковий тракт – випити декілька стаканів слабого розчину марганцевокислого калію.

					ЛП61-1.09.7240.70ДВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

При необхідності треба звернутися в медичний заклад.

					ЛП61-1.09.7240.70ДВ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

№	Найменування	Загальна характеристика	Відносна щільність по повітрю для газів, парів при 0° С	Температура 0° С			Межа вибухо-вості з повітрям	Клас небезпеки	ГДК мг/м ³
				спа-лаху	займа-ння	самозай-мання			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Поліетилен високого тиску гранульований	Горючі гранули з насипною вагою 560 кг/м ³	-	-	306	417	Пил фракції 452г/м ³	Клас небезпеки для пилу-3	50
2	Плівка поліетиленова	Твердий, горючий матеріал, питома вага 0,92÷0,965 г/см ³	-	-	306	417	-	Не токсична	-
3	Окис вуглецю СО	Безбарвний газ без запаху, горючий	0,967	-	-	605	12,5%	Має загальноядовиту дію Клас небезпеки – 4	20
4	Оцтова кислота, СН ₃ СООН пара	Легко займиста рідина	2,68 кг/м ³	40	68	465	4%	Викликає риніти, бронхіти, кон'юнктивіти клас небезпеки-2	5

6. ОЧІКУВАНІ МЕХАНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ТА ВИСНОВКИ

Результатом додавання бар'єрних витків, є покращення змішування матеріалу, досягається скорочення часу підготовки порції розплаву полімеру, в наслідок чого підвищується продуктивність роботи.

Результатом зміни секції черв'яка яка виконується набірною з ряду змішувальних елементів , що кріпляться на порожнистому корпусі за допомогою шліцевого з'єднання ми поширюмо діапазон перероблюваних матеріалів.

Висновки: Проведено огляд літератури та патентів. Було переглянуто альтернативні конструкції ліній, а також різноманітні способи вдосконалення різних вузлів та механізмів, які входять до лінії для виробництва плівок. Внаслідок цього було обрано із запропонованих найбільш вдалі внесення змін у конструкцію та остаточно обгрунтовано напрямки модернізації.

Покращений конструкція дозволяє отримувати продукцію кращої якості за рахунок внесення змін. У той же час спостерігалось збільшення продуктивності ліній і підвищення ефективності використання переробленого матеріалу, тобто скорочення виробничих відходів.

					ЛП61-1.09.7240.70PP					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Лінія для виробництва плівки з модернізацією екструдера			Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Мудрик О. В.								
Перевір.		Чемерис А.О.							1	34
Реценз.								«КПІ», ім. Ігоря Сікорського		
Н. Контр.										
Затверд.										

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ ЛІНІЇ ЛРПУ-1500/63.....	5
2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕСА ЧП-63	7
3 ОПИС І ОБГРУНТУВАННЯ ДАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ.....	9
3.1 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ, ОСНОВНИХ ЗБИРАЛЬНИХ ОДИНИЦЬ ТА ДЕТАЛЕЙ	9
3.2 ВИБІР МАТЕРІАЛІВ	10
4 ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД.	12
4.1 ОБГРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ.....	14
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	17
5.1 ВЕНТИЛЯЦІЯ	18
5.2 ШУМ ТА ВІБРАЦІЯ.....	19
5.3 ПРОМИСЛОВЕ ОСВІТЛЕННЯ	20
5.4 ЕЛЕКТРОНЕБЕЗПЕКА	20
5.5 ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА	22
5.6 НЕБЕЗПЕКА ВПЛИВУ ЧАСТИН, ЩО РУХАЮТЬСЯ І ОБЕРТАЮТЬСЯ.....	24
5.7 РІШЕННЯ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ ПРАЦЮЮЧИХ САНИТАРНО-ГІГІЄНИЧНИМИ УМОВАМИ ПРАЦІ, ПОБУТОВИМИ ПРИМІЩЕННЯМИ, СПЕЦОДЯГОМ	24
5.8 ЗАХОДИ НАДАННЯ ДОЛІКАРСЬКОЇ ДОПОМОГИ ПРИ РОБОТІ З ШКІДЛИВИМИ РЕЧОВИНАМИ.....	25
6. ОЧІКУВАНІ МЕХАНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ТА ВИСНОВКИ.....	1
1 ПАРАМЕТРИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯЧНОЇ МАШИНИ.	4

					ЛП61-1.09.7240.70РР							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Мудрик О. В.			Лінія для виробництва плівки з модернізацією екструдера				Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Чемерис А.О.									1	34
Реценз.									«КПІ», ім. Ігоря Сікорського			
Н. Контр.												
Затверд.												

1.1 РОЗРАХУНОК ГЕОМЕТРІЇ ЧЕРВ'ЯКА	4
1.2 ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ ГОЛОВКИ	5
1.3 ПРОДУКТИВНІСТЬ МАШИНИ ПО ЗОНІ ДОЗУВАННЯ З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ ГОЛОВКИ.....	8
1.4 ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕПАДУ ТИСКУ В ГОЛОВЦІ	10
1.5 РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ ПРИВОДУ	14
2 РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ	16
2.1 РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯКА НА СТИСК.....	17
2.2 РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯКА НА КРУЧЕННЯ.....	20
2.3 РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯКА НА ЖОРСТКІСТЬ.....	21
2.4 РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯКА НА ВИТРИВАЛІСТЬ.....	22
2.5 РОЗРАХУНОК ШЛІЦЬОВОГО З'ЄДНАННЯ.....	23
2.6 РОЗРАХУНОК МІЦНОСТІ БОЛТІВ	24
2.7 РОЗРАХУНОК МАТЕРІАЛЬНОГО ЦИЛІНДРА, НАПРУГ ВІД ДІЇ ТИСКУ.....	27
2.8 РОЗРАХУНОК ТЕМПЕРАТУРНИХ НАПРУГ	28
3 ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯЧНОГО ПРЕСА.....	30
3.1 ЕНЕРГЕТИЧНИЙ БАЛАНС	31
3.2 ЕНЕРГЕТИЧНИЙ БАЛАНС ТА ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯЧНОЇ МАШИНИ 63Х30	32
1 ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ	2
1.1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ КРЕСЛЕННЯ.....	2
1.2 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ ТА УМОВ ЇЇ РОБОТИ У ВУЗЛІ. ВИЗНАЧЕННЯ КЛАСУ ДЕТАЛІ	2
1.3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ І ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА.....	3
1.4 ОПРАЦЮВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ НА ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ ..	4

1.5 ВИБІР ЗАГОТОВКИ І ЇЇ ТЕХНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	5
1.6 ВИБІР ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ І ТИПОВИХ СХЕМ ОБРОБКИ ПОВЕРХОНЬ	5
1.7 ВИБІР ТИПУ ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ФРЕЗЕРУВАННЯ ПОВЕРХНІ Ø63H7	7
1.8 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ І ПРИНЦИП РОБОТИ ПРИСТРОЮ	8
1.9 РОЗРАХУНОК СИЛ ЗАКРІПЛЕННЯ	9
1.10 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ СИЛОВОГО ПРИВОДА.	10
ВИСНОВКИ.....	15

ПІСЛЯ ПОТРАПЛЯННЯ ПЕРЕРОБЛЮВАНОЇ КОМПОЗИЦІЇ З РОБОЧОГО КАНАЛУ ЧЕРВ'ЯКА В ПАЗИ 3, ВІДКРИТІ З БОКУ НАРІЗКИ ЧЕРВ'ЯКА, ВОНА ЧЕРЕЗ БАР'ЄРНІ ВІТКИ 5 ЦИЛІНДРИЧНОЇ ВТУЛКИ 1 У ВИГЛЯДІ ТОНКОЇ ПЛІВКИ ПЕРЕТІКАЄ В СУСІДНІ ПАЗИ 3, ВІДКРИТІ З БОКУ НАКОНЕЧНИКА ЧЕРВ'ЯКА (ЛИВ. ФІГ. 1). ЗАВДЯКИ ФОРМІ ПАЗІВ 3 КОМПОЗИЦІЯ В НИХ НЕ ЗАТРИМУЄТЬСЯ, А ВЧАСНО ВИХОДИТЬ ІЗ СЕКЦІЇ І ДАЛІ ПОТРАПЛЯЄ ДО ФОРМУВАЛЬНОЇ ГОЛОВКИ (НЕ ПОКАЗАНО).**ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.**

1 ПАРАМЕТРИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯЧНОЇ МАШИНИ.

1.1 РОЗРАХУНОК ГЕОМЕТРІЇ ЧЕРВ'ЯКА

Черв'як є основним вузлом черв'ячної машини і призначений для транспортування полімерного матеріалу від завантажувальної воронки до формуючої головки, а також для пластикації гранул, ретельного перемішування розплаву і набору необхідного тиску для видавлювання з головки.

Діаметр черв'яка є одним з основних параметрів, що характеризують продуктивність черв'ячної машини.

У представленій лінії використовується екструдер з черв'яком діаметром $D=63\text{мм}$, відношення довжини робочої частини до його діаметра $L/D=30$.

Інші параметри черв'яка вибираються в залежності від матеріалу, що переробляється. У даному випадку матеріалом, що переробляється, є поліетилен і базові параметри черв'яка обчислюються виходячи з залежностей представлених нижче.

Крок гвинтової лінії черв'яка:

$$t = (0,8 \div 1,2) \cdot D = 1 \cdot 63 = 63, \text{мм} \quad (1.1)$$

Товщина гребеня черв'яка:

$$e = (0,08 \div 0,1) \cdot D = 0,095 \cdot 63 = 6, \text{мм} \quad (1.2)$$

Зазор між черв'яком і гільзою:

$$\delta = (0,002 \div 0,003) \cdot D = 0,0024 \cdot 63 = 0,15, \text{мм} \quad (1.3)$$

Глибина гвинтового каналу під завантажувальною воронкою:

					ЛП61-1.09.7240.70PP	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$h_1 = (0,12 \div 0,16) \cdot D = 0,127 \cdot 63 = 8 \text{ , мм} \quad (1.4)$$

де $i = 2,1$ –ступінь стиску поліетилену.

Довжина торпеди з мішалкою:

$$L_{\text{торп}} = (0,6 \div 0,8) \cdot D + 70 = 0,7 \cdot 63 = 115, \text{ мм.} \quad (1.5)$$

Довжина робочої частини черв'яка приймається:

$$L_{\text{раб}} = 30 D = 30 \cdot 63 = 1890 \text{ мм.} \quad (1.6)$$

Довжина зони завантаження приймається:

$$L_{\text{загр}} = (1,5 \div 3) \cdot D = 2,5 \cdot 63 = 157,5 \text{ мм.} \quad (1.7)$$

Довжина зони дозування приймається:

$$L_{\text{доз}} = (3 \div 6) \cdot D = 5 \cdot 63 = 315 \text{ мм.} \quad (1.8)$$

Довжина зони стиску приймається:

$$L_{\text{сж}} = L_{\text{раб}} - L_{\text{доз}} - L_{\text{загр}} = 1890 - 315 - 157,5 = 1417,5 \text{ мм} \quad (1.9)$$

Довжина опори і евольвентного зачеплення приймається: $L_{\text{ев}} = 170 \text{ мм}$;

Довжина відбійної частини приймається:

$$L_{\text{отб}} = (0,1 \div 0,5) \times D = 0,3 \cdot 63 = 25 \text{ мм} \quad (1.10)$$

Загальна довжина черв'яка:

$$L = L_{\text{раб}} + L_{\text{ев}} + L_{\text{отб}} + L_{\text{торп}} = 1890 + 170 + 25 + 115 = 2200 \text{ мм.} \quad (1.11)$$

1.2 ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ ГОЛОВКИ

Формули засновані на спрощеному аналітичному методі розрахунку коефіцієнта геометричної форми головки, дозволяють визначити характеристики каналів простих форм з достатньою для практичних розрахунків точністю.

Весь шлях проходження розплаву через канал головки розіб'ємо на декілька простіших складових і проведемо розрахунок.

					ЛП61-1.09.7240.70PP	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Круглий циліндричний канал:

$$K_{\ddot{o}} = \frac{\pi \cdot d^4}{128 \cdot L}, \quad (1.12)$$

де d-діаметр круглого циліндричного каналу,

L-довжина круглого циліндричного каналу

$$K_1 = \frac{3,14 \cdot 3,6^4}{128 \cdot 60} = 0,1 \text{ см}^3. \quad (1.13)$$

2. Конічний кільцевий канал з конічною щілиною:

$$K_{kk} = \frac{\pi(R_0 \cdot \delta_2 - R_1 \cdot \delta_1)}{6 \cdot L \cdot m} \quad (1.14)$$

де R1- середній радіус отвору на вході;

R0- середний радіус отвору на виході;

δ1-висота щілини на вході матеріалу в кільцеву щілину;

δ2-висота щілини на виході матеріалу з кільцевої щілини;

L-довжина конічного каналу з конічною щілиною.

$$m = \frac{2,3(R_0 - R_1)^2}{(R_0 \cdot \delta_2 - R_1 \cdot \delta_1)^2} \cdot \lg \frac{R_0 \cdot \delta_2}{R_1 \cdot \delta_1} - \frac{(R_0 - R_1) \cdot (\delta_1 - \delta_2)}{(R_0 \cdot \delta_2 - R_1 \cdot \delta_1) \cdot \delta_1 \cdot \delta_2} - \frac{\delta_1^2 - \delta_2^2}{2 \cdot \delta_1^2 \cdot \delta_2^2},$$

$$m = \frac{2,3 \cdot (0,7 - 9,5)^2}{(0,7 \cdot 1 - 9,5 \cdot 1)^2} \cdot \lg \frac{0,7 \cdot 1}{9,5 \cdot 1} - \frac{(0,7 - 9,5) \cdot (1 - 1)}{(0,7 \cdot 1 - 9,5 \cdot 1) \cdot 1 \cdot 1} - \frac{1^2 - 1^2}{2 \cdot 1^2 \cdot 1^2} = -2,6 \frac{1}{\text{см}^2}. \quad (1.15)$$

$$K_2 = \frac{3,14 \cdot (0,7 \cdot 1 - 9,5 \cdot 1)}{6 \cdot 16 \cdot (-2,6)} = 0,11 \text{ см}^3. \quad (1.16)$$

3. Решітка:

$$K_p = \frac{z \cdot \pi \cdot d_p^4}{128 \cdot b}, \quad (1.17)$$

де z – кількість отворів;

					ЛП61-1.09.7240.70PP	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

d_p - діаметр окремих отворів в решітці в см;

b – товщина решітки в см.

$$K_3 = \frac{160 \cdot 3,14 \cdot 0,7^4}{128 \cdot (-2,7)} = 0,35 \text{ см}^3. \quad (1.18)$$

4. Конічний кільцевий канал з конічною щілиною:

$$K_{kk} = \frac{\pi(R_0 \cdot \delta_2 - R_1 \cdot \delta_1)}{6 \cdot L \cdot m} \quad (1.19)$$

де R_1 - середній радіус отвору на вході;

R_0 - середний радіус отвору на виході;

δ_1 -висота щілини на вході матеріалу в кільцеву щілину;

δ_2 -висота щілини на виході матеріалу з кільцевої щілини;

L -довжина конічного каналу з конічною щілиною.

$$m = \frac{2,3(R_0 - R_1)^2}{(R_0 \cdot \delta_2 - R_1 \cdot \delta_1)^2} \cdot \lg \frac{R_0 \cdot \delta_2}{R_1 \cdot \delta_1} - \frac{(R_0 - R_1) \cdot (\delta_1 - \delta_2)}{(R_0 \cdot \delta_2 - R_1 \cdot \delta_1) \cdot \delta_1 \cdot \delta_2} - \frac{\delta_1^2 - \delta_2^2}{2 \cdot \delta_1^2 \cdot \delta_2^2},$$

$$m = \frac{2,3 \cdot (9,4 - 9,8)^2}{(9,4 \cdot 0,4 - 9,8 \cdot 1)^2} \cdot \lg \frac{9,4 \cdot 0,4}{9,8 \cdot 1} - \frac{(9,4 - 9,8) \cdot (1 - 0,4)}{(9,4 \cdot 0,4 - 9,8 \cdot 1) \cdot 1 \cdot 0,4} - \frac{1^2 - 0,4^2}{2 \cdot 1^2 \cdot 0,4^2} = -2,7 \frac{1}{\text{см}^2}. \quad (1.20)$$

$$K_4 = \frac{3,14 \cdot (9,4 \cdot 0,4 - 9,8 \cdot 1)}{6 \cdot 1 \cdot (-2,7)} = 1,17 \text{ см}^3. \quad (1.21)$$

$$K_{kk} = \frac{\pi(R_0 \cdot \delta_2 - R_1 \cdot \delta_1)}{6 \cdot L \cdot m} \quad (1.22)$$

де R_1 - середній радіус отвору на вході;

R_0 - середний радіус отвору на виході;

δ_1 -висота щілини на вході матеріалу в кільцеву щілину;

δ_2 -висота щілини на виході матеріалу з кільцевої щілини;

L -довжина конічного каналу з конічною щілиною.

					ЛП61-1.09.7240.70PP	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$m = \frac{2,3(R_0 - R_1)^2}{(R_0 \cdot \delta_2 - R_1 \cdot \delta_1)^2} \cdot \lg \frac{R_0 \cdot \delta_2}{R_1 \cdot \delta_1} - \frac{(R_0 - R_1) \cdot (\delta_1 - \delta_2)}{(R_0 \cdot \delta_2 - R_1 \cdot \delta_1) \cdot \delta_1 \cdot \delta_2} - \frac{\delta_1^2 - \delta_2^2}{2 \cdot \delta_1^2 \cdot \delta_2^2},$$

$$m = \frac{2,3 \cdot (9,5 - 15,8)^2}{(9,5 \cdot 0,2 - 15,8 \cdot 0,73)^2} \cdot \lg \frac{9,5 \cdot 0,2}{15,8 \cdot 0,73} - \frac{(9,5 - 15,8) \cdot (0,73 - 0,2)}{(9,5 \cdot 0,2 - 15,8 \cdot 0,73) \cdot 0,73 \cdot 0,2} - \frac{0,73^2 - 0,2^2}{2 \cdot 0,73^2 \cdot 0,2^2} = -14,72 \frac{1}{\text{см}^2}. \quad (1.23)$$

$$K_4 = \frac{3,14 \cdot (9,5 \cdot 0,2 - 15,8 \cdot 0,73)}{6 \cdot 8 \cdot (-14,72)} = 0,43 \text{ см}^3. \quad (1.24)$$

Загальний коефіцієнт геометричної форми для всієї головки можна визначити, як суму опорів окремих ділянок головки :

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\hat{E}_1} + \frac{1}{\hat{E}_2} + \frac{1}{\hat{E}_3} + \frac{1}{\hat{E}_4} + \frac{1}{\hat{E}_5}}, \quad (1.25)$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{0,07} + \frac{1}{0,11} + \frac{1}{0,35} + \frac{1}{1,17} + \frac{1}{0,043}} = 0,0199 \text{ см}^3. \quad (1.26)$$

1.3 ПРОДУКТИВНІСТЬ МАШИНИ ПО ЗОНІ ДОЗУВАННЯ З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ ГОЛОВКИ

Робочий процес черв'ячної машини в цілому залежить не тільки від геометричних розмірів черв'яка і процесів, що протікають у його каналах, але також від геометрії, конфігурації головки черв'ячної машини, і її профілюючих елементів.

Об'ємна продуктивність через головку на передній частині черв'ячної машини прямо пропорційна падінню тиску ΔP і обернено пропорційна в'язкості маси μ :

$$Q = K \cdot \frac{\Delta P}{\mu}. \quad (1.27)$$

Також рівняння продуктивності можна представити таким чином:

					ЛП61-1.09.7240.70PP	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q = \frac{a \cdot K}{K + \beta + \gamma} \cdot n, \quad (1.28)$$

де К - коефіцієнт пропорційності, що залежить від геометрії головки - коефіцієнт геометричної форми головки ; n- число обертів черв'яка за хвилину;

α -постійна прямого потоку для черв'яка з перемінною глибиною гвинтового каналу:

$$\alpha = \frac{\pi^3 \cdot (t - \lambda \cdot e) \cdot \sigma}{a + t^2 \cdot b}, \quad (1.29)$$

β - постійна зворотного потоку для черв'яка з перемінною глибиною гвинтового каналу:

$$\beta = \frac{\pi \cdot t - (t - \lambda \cdot e)}{12 \cdot L_f \cdot (a + t^2 \cdot b)}, \quad (1.30)$$

γ -постійна протитоку для черв'яка з перемінною глибиною гвинтового каналу:

$$\gamma = \frac{\pi \cdot D \cdot \delta^3 \cdot t^2}{10 \cdot e \cdot L_f \cdot \sqrt{\pi^2 \cdot D^2 + t^2}}, \quad (1.31)$$

де σ -коефіцієнт залежний від геометричних розмірів черв'яка:

$$\sigma = 1 - \frac{6,9 \cdot D}{2 \cdot (h_f - h_2)} \cdot \lg \frac{h_f}{h_2} + \frac{D^2}{2 \cdot h_f \cdot h_2}, \quad (1.32)$$

b- коефіцієнт, розрахований за формулою:

$$b = \frac{2,3}{(h_f - h_2) \cdot D^3} \cdot \lg \frac{h_f \cdot (D + d_2)}{h_2 \cdot (D + d_1)} + \frac{2 \cdot h_f \cdot h_2 + (h_f - h_2) \cdot D}{2 \cdot D^2 \cdot h_f^2 \cdot h_2^2}, \quad (1.33)$$

a-коефіцієнт, розрахований за формулою:

$$a = \frac{\pi^2}{h_f \cdot h_2} \cdot \left(\frac{D \cdot (h_f + h_2)}{2 \cdot h_f \cdot h_2} - 1 \right), \quad (1.34)$$

де h_1 -глибина гвинтового каналу в зоні завантаження;

h_n - глибина гвинтового каналу на початку зони дозування;

h_2 - глибина гвинтового каналу на кінці черв'яка;

LH-довжина зони дозування;

D-зовнішній діаметр черв'яка;

d1-діаметр сердечника в зоні дозування;

d2- діаметр сердечника на кінці черв'яка;

e- ширина гребеня витка черв'яка;

δ-зазор між черв'яком і гільзою.

Підставивши у вище приведені рівняння значення величин, обчислимо значення продуктивності черв'ячної машини по зоні дозування з урахуванням впливу головки:

$$a = \frac{3,14^2}{0,53 \cdot 0,35} \cdot \left(\frac{6,3 \cdot (0,53 + 0,35)}{2 \cdot 0,53 \cdot 0,35} - 1 \right) = 646 \frac{1}{\text{см}^2}. \quad (1.35)$$

$$b = \frac{2,3}{(0,53 - 0,35) \cdot 6,3^3} \cdot \lg \frac{0,53 \cdot (6,3 + 5,6)}{0,35 \cdot (6,3 + 5,3)} + \frac{2 \cdot 0,53 \cdot 0,35 + (0,53 + 0,35) \cdot 6,3}{2 \cdot 6,3^2 \cdot 0,53^2 \cdot 0,35^2} = 2,46 \frac{1}{\text{см}^4}. \quad (1.36)$$

$$\sigma = 1 - \frac{6,9 \cdot 6,3}{2 \cdot (0,53 - 0,35)} \cdot \lg \frac{0,53}{0,35} + \frac{6,3^2}{2 \cdot 0,53 \cdot 0,35} = 96,3. \quad (1.37)$$

$$\alpha = \frac{3,14^3 \cdot (6,5 - 2 \cdot 0,5) \cdot 96,3}{646 + 6,5^2 \cdot 2,46} = 22,6 \text{ см}^2. \quad (1.38)$$

$$\beta = \frac{3,14 \cdot 6,5 - (6,5 - 2 \cdot 0,5)}{12 \cdot 76 \cdot (646 + 6,5^2 \cdot 2,46)} = 0,15 \cdot 10^{-3} \text{ см}^3. \quad (1.39)$$

$$\gamma = \frac{3,14 \cdot 6,3 \cdot 0,015^3 \cdot 6,5^2}{10 \cdot 0,5 \cdot 76 \cdot \sqrt{3,14^2 \cdot 6,3^2 + 6,5^2}} = 0,357 \cdot 10^{-6} \text{ см}^3. \quad (1.40)$$

$$Q = \frac{22,6 \cdot 0,0199 \cdot 150}{0,0199 + 0,15 \cdot 10^{-3} + 0,357 \cdot 10^{-6}} = 3435,5 \frac{\text{см}^3}{\text{хв}} = 160,78 \frac{\text{кг}}{\text{год}}. \quad (1.41)$$

1.4 ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕПАДУ ТИСКУ В ГОЛОВЦІ

					ЛП61-1.09.7240.70PP	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перепад тиску в головці при відомих значеннях продуктивності і коефіцієнта геометричної форми головки визначають по формулі:

$$\Delta P = \frac{Q \cdot \mu_g}{K} \quad (1.42)$$

де Q - продуктивність черв'ячної машини,

K - коефіцієнт геометричної форми головки,

μ_g - ефективна в'язкість (визначається з графічної залежності).

Падіння тиску в головці складається з втрат тиску на окремих ділянках.

При визначенні коефіцієнта геометричної форми головки були обрані окремі ділянки, що в основному створюють опір проході розплаву в головці і сума яких дає загальний перепад тиску.

1 Для циліндричного круглого каналу швидкість зсуву визначається за формулою:

$$S = \frac{32 \cdot Q}{\pi \cdot d^3}, \quad (1.43)$$

де Q - продуктивність черв'ячної машини;

d-діаметр циліндричного круглого каналу.

$$S_1 = \frac{32 \cdot 57,26}{3,14 \cdot 3,6^3} = 12,5 \text{ с}^{-1}. \quad (1.44)$$

За графіком знаходимо ефективну в'язкість поліетилену при температурі розплаву 190°C и швидкості зсуву 12,5с⁻¹

$$\mu_{y1} = 16 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с}. \quad (1.45)$$

Перепад тиску в круглому циліндричному каналі складає :

$$\Delta P_1 = \frac{57,26 \cdot 16 \cdot 10^3}{0,07} = 13,1 \text{ МПа} \quad (1.46)$$

2 Для конічного каналу швидкість зсуву визначається за формулою:

					ЛП61-1.09.7240.70PP	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S = \frac{2,32 \cdot Q}{\pi \cdot (R_0 + R_1) \cdot (\delta_1 + \delta_2)^2} \quad (1.47)$$

де R_1 -середній радіус кола на виході;

R_0 -середній радіус кола на вході;

δ_1 - висота щілини на вході матеріалу в кільцеву щілину;

δ_2 - висота щілини на виході матеріалу з кільцевої щілини.

$$S_2 = \frac{2,32 \cdot 57,26}{3,14 \cdot (0,7 + 9,5) \cdot (1+1)^2} = 1,04 \text{ с}^{-1}. \quad (1.48)$$

За графіком знаходимо ефективну в'язкість поліетилену при температурі розплаву 190°C и швидкості зрушення $1,04 \text{ с}^{-1}$:

$$\mu_{e3} = 25 \cdot 10^3 \text{ Па}\cdot\text{с} \quad (1.49)$$

Перепад тиску в конічному каналі:

$$\Delta P_2 = \frac{57,26 \cdot 25 \cdot 10^3}{0,11} = 13,0 \text{ МПа}. \quad (1.50)$$

3 Для решітки швидкість зрушення визначається за формулою:

$$S = 8 \cdot Q \cdot D, \quad (1.51)$$

де D -діаметр отвору решітки.

$$S_3 = 8 \cdot 57,26 \cdot 0,7 = 320 \text{ с}^{-1}. \quad (1.52)$$

За графіком знаходимо ефективну в'язкість поліетилену при температурі розплаву 190°C и швидкості зрушення 320 с^{-1} :

$$\mu_{e3} = 2,8 \cdot 10^3 \text{ Па}\cdot\text{с}. \quad (1.53)$$

Перепад тиску в решітці:

$$\Delta P_3 = \frac{57,26 \cdot 2,8}{0,35} = 0,46 \text{ МПа}. \quad (1.54)$$

4 Для конічного кільцевого каналу з конічною щілиною швидкість зрушення визначається за формулою:

					ЛП61-1.09.7240.70PP	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S = \frac{22,32 \cdot Q}{\pi \cdot (R_0 + R_1) \cdot (\delta_1 + \delta_2)^2}, \quad (1.55)$$

де R_1 -середній радіус кола на виході;

R_0 -середній радіус кола на вході;

δ_1 - висота щілини на вході матеріалу в кільцеву щілину;

δ_2 - висота щілини на виході матеріалу з кільцевої щілини.

$$S_4 = \frac{22,32 \cdot 57,26}{3,14 \cdot (9,4 + 9,8) \cdot (1 + 0,4)^2} = 10,82 \text{ с}^{-1}. \quad (1.56)$$

За графіком знаходимо ефективну в'язкість поліетилену при температурі розплаву 190°C і швидкості зсуву $10,82 \text{ с}^{-1}$:

$$\mu_{e5} = 18 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с}. \quad (1.57)$$

Перепад тиску в кінчному каналі:

$$\Delta P_4 = \frac{57,26 \cdot 18 \cdot 10^3}{1,17} = 0,88 \text{ МПа}. \quad (1.58)$$

5 Для кінчного кільцевого каналу з кінчною щілиною швидкість зрушення визначається за формулою:

$$S = \frac{22,32 \cdot Q}{\pi \cdot (R_0 + R_1) \cdot (\delta_1 + \delta_2)^2}, \quad (1.59)$$

де R_1 -середній радіус кола на виході;

R_0 -середній радіус кола на вході;

δ_1 - висота щілини на вході матеріалу в кільцеву щілину;

δ_2 - висота щілини на виході матеріалу з кільцевої щілини.

$$S_5 = \frac{22,32 \cdot 57,26}{3,14 \cdot (9,5 + 15,8) \cdot (0,73 + 0,2)^2} = 18,6 \text{ с}^{-1}. \quad (1.60)$$

					ЛП61-1.09.7240.70PP	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За графіком знаходимо ефективну в'язкість поліетилену при температурі розплаву 190°C і швидкості зсуву 18,6 с⁻¹:

$$\mu_{es} = 20 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с}. \quad (1.61)$$

Перепад тиску в кіничному каналі:

$$\Delta P_5 \frac{57,26 \cdot 20 \cdot 10^3}{0,043} = 9,6 \text{ МПа}. \quad (1.62)$$

Загальний тиск у головці:

$$\begin{aligned} \sum \Delta P &= \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 + \Delta P_5, \\ \sum \Delta P &= 13,1 + 13,0 + 0,46 + 0,88 + 9,6 = 37,04 \text{ МПа}. \end{aligned} \quad (1.63)$$

1.5 РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ ПРИВОДУ

Потужність, яка витрачається черв'ячною машиною для переробки пластичних мас, йде на переміщення матеріалу в гвинтовому каналі черв'яка і на зріз матеріалу в зазорі між гребенем і внутрішньою стінкою циліндра або гільзи.

Потужність черв'ячної машини:

$$N = N_1 + N_2, \quad (1.64)$$

де N₁ -потужність, що витрачається на проштовхування маси по гвинтовому каналу черв'яка:

$$N_1 = \frac{10^{-4} \cdot \pi^3 \cdot (t - e) \cdot L \cdot j \cdot \mu_{\text{до}} \cdot n^2}{36 \cdot t} + \frac{10^{-3} \cdot a_2 \cdot \Delta P \cdot n}{6}; \quad (1.65)$$

-потужність, що витрачається на подолання тертя матеріалу у зазорі між вершиною витка і стінкою циліндра:

$$N_2 = \frac{10^{-4} \cdot \pi^3 \cdot D \cdot e \cdot L \cdot \mu_{\text{до}} \cdot n}{36 \cdot \delta \cdot t}; \quad (1.66)$$

J-коефіцієнт, обчислений за формулою:

					ЛП61-1.09.7240.70PP	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$j = \frac{\pi^2 \cdot D^2 - 4t^2}{\pi^2} + \frac{(D + d_2) - (D + d_1)}{3 \cdot (d_2 - d_1)} + \frac{2,3 \cdot \pi^2 \cdot D^5}{(t^2 + \pi^2 \cdot D^2) \cdot (h_i - h_2)} \cdot \lg \frac{h_i}{h_2}; \quad (1.67)$$

t - крок гвинтової нарізки черв'яка;

D- зовнішній діаметр черв'яка;

p-перепад тиску в головці;

d₁-діаметр черв'яка в зоні дозування;

d₂-діаметр сердечника на кінці черв'яка;

a₂-постійна прямого потоку;

h_н-глибина нарізки на початку зони дозування;

h_к-глибина нарізки на кінці черв'яка;

L-довжина зони дозування;

e-ширина гребеня витка черв'яка;

δ-радіальний зазор.

$$j = \frac{3,14^2 \cdot 0,063^2 - 4 \cdot 0,065^2}{3,14^2} + \frac{(0,063 + 0,056)^3 - (0,063 + 0,053)^3}{3 \cdot (0,056 - 0,053)} + \frac{2,3 \cdot 3,14^2 \cdot 0,063^5}{(0,065^2 + 3,14^2 \cdot 0,063^2) \cdot (0,53 \cdot 10^{-3} - 0,35 \cdot 10^{-3})} \times \lg \frac{0,53 \cdot 10^{-3}}{0,35 \cdot 10^{-3}} = 5,92 \text{ м}^2. \quad (1.68)$$

Швидкість зсуву в гвинтовій нарізці черв'яка для визначення ефективної динамічної в'язкості можна отримати за формулою:

$$S = \frac{\pi^2 \cdot D^2 \cdot n}{60 \cdot \delta \cdot \sqrt{\pi^2 \cdot D^2 + t^2}} = \frac{3,14 \cdot 6,3^2 \cdot 180}{60 \cdot 0,015 \cdot \sqrt{3,14^2 \cdot 6,3^2 + 6,5^2}} = 3132 \text{ с}^{-1}. \quad (1.69)$$

Ефективна в'язкість при температурі розплаву 190С° і швидкості зсуву 2095с⁻¹:

$$\mu_{\text{еф}} = 0,75 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с} = 0,75 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{сек} / \text{см}^2. \quad (1.70)$$

					ЛП61-1.09.7240.70PP	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_2 = \frac{10^{-4} \cdot 3,14^3 \cdot 6,3^3 \cdot 0,5 \cdot 76 \cdot 0,75 \cdot 10^{-3} \cdot 150^2}{36 \cdot 0,015 \cdot 6,5} = 706,3 \text{ Вт} = 0,706 \text{ кВт}. \quad (1.71)$$

Ефективна динамічна в'язкість визначається з графічної залежності при температурі розплаву 190°C і швидкості зсуву розплаву, обчисленої за формулою:

$$S = \frac{\pi^2 \cdot (D - h_{\text{нв}}) \cdot (D - 2 \cdot h_{\text{нв}}) \cdot n}{60 \cdot h_{\text{нв}} \cdot \sqrt{\pi^2 \cdot (D - 2 \cdot h_{\text{нв}})^2 - t^2}}, \quad (1.72)$$

де $h_{\text{ср-ср}}$ середня глибина гвинтового черв'яка:

$$h_{\text{ср}} = \frac{h_1 + h_2}{2} = \frac{0,53 + 0,35}{2} = 0,44 \text{ см}. \quad (1.73)$$

$$S = \frac{3,14^2 \cdot (6,3 - 0,44) \cdot (6,3 - 2 \cdot 0,44) \cdot 150}{60 \cdot 0,44 \cdot \sqrt{3,14^2 \cdot (6,3 - 2 \cdot 0,44)^2 + 6,5^2}} = 97,2 \text{ с}^{-1}. \quad (1.74)$$

Ефективна в'язкість при температурі розплаву 190°C і швидкості зсуву $97,2 \text{ с}^{-1}$, $\mu_{\text{еф}} = 0,63 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с}$

$$N_1 = \frac{10^{-4} \cdot 3,14^3 \cdot (6,5 - 0,5) \cdot 76 \cdot 592 \cdot 6 \cdot 10^{-3} \cdot 150^2}{36 \cdot 0,063} + \frac{10^{-3} \cdot 22,6 \cdot 370 \cdot 150}{6} = 68220,2 \text{ Вт} = 68,22 \text{ кВт}. \quad (1.75)$$

Загальна потужність буде дорівнює:

$$N = N_1 + N_2 = 68,22 + 0,706 = 68,93 \text{ кВт} \quad (1.76)$$

Враховуючи ККД приводу, потужність що споживається буде складати :

$$N = \frac{N}{\eta} = \frac{68,93}{0,88} = 78,33 \text{ кВт}. \quad (1.77)$$

Вибираємо двигун 2ПФ-250ЛУ4 потужністю 80 кВт.

2 РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ

					ЛП61-1.09.7240.70PP	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1 РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯКА НА СТИСК

Метою розрахунку є визначення працездатності черв'яка.

На черв'як діють такі силові фактори:

- осьове зусилля P_{oc} ;
- рівномірно розподілене навантаження від власної ваги q ;
- обертальний момент $M_{об}$.

Схема навантаження черв'яка та епюри напружень зображені на мал. 4.1.

Розраховуємо крутний момент:

$$\dot{I}_{\partial\partial} = \frac{9550 \cdot N}{n} = \frac{9550 \cdot 80}{150} = 5,09 \cdot 10^3 \text{ І} \cdot \dot{\text{І}}. \quad (2.1)$$

де $N=80$ – потужність, яка споживається черв'яком, кВт;

$n=150$ - швидкість обертання черв'яка, об/хв.

Осьове зусилля:

$$P_{oc} = \frac{2 \cdot M_{кр}}{D} = \frac{2 \cdot 5,09 \cdot 10^3}{0,063} = 53,1 \text{ кН}. \quad (2.2)$$

де $D=0,063$ - зовнішній діаметр черв'яка, м;

$\varphi=18,19^\circ$ - кут підйому нарізки.

Розподілене навантаження від власної ваги:

$$q = \frac{9,81 \cdot G}{l_p} = \frac{9,81 \cdot 45,4}{1,89} = 235,6 \text{ Н / м}. \quad (2.3)$$

де G - маса черв'яка, кг;

$l_p=1,89$ - довжина робочої частини, м.

$$G = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \rho \cdot l_p = \frac{3,14 \cdot 0,063^2 \cdot 7710 \cdot 1,890}{4} = 45,4 \text{ кг}. \quad (2.4)$$

$$\dot{I}_{\max} = \frac{1}{2} \cdot q \cdot l_p^2 = \frac{1}{2} \cdot 235,6 \cdot 1,89^2 = 420,8 \text{ І} \cdot \dot{\text{І}}. \quad (2.5)$$

					ЛП61-1.09.7240.70PP	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

W_x - осьовий момент опору:

$$W_x = \frac{\pi \cdot d^3 (1 - \alpha^4)}{32} = \frac{3,14 \cdot 0,047^3 (1 - 0,29^4)}{32} = 1,01 \cdot 10^{-5} \quad (2.6)$$

Стискне напруження:

$$\sigma_{cm} = \frac{P_{oc}}{F} + \frac{M_{max}}{W_x} = \frac{53,1 \cdot 10^3}{1,23 \cdot 10^{-3}} + \frac{420,8}{1,01 \cdot 10^{-5}} = 84,8 \text{ МПа.} \quad (2.7)$$

де F - площа небезпечного перерізу (під завантажувальною воронкою в місці початку нарізки, де найбільші навантаження і найменша площина, без урахування площі перерізу витків):

$$F = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} (1 - \alpha^2) = \frac{3,14 \cdot 0,047^2}{4} (1 - 0,29^2) = 1,23 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2. \quad (2.8)$$

$$\alpha = \frac{d_0}{d_1} = \frac{0,014}{0,047} = 0,29.$$

					ЛП61-1.09.7240.70PP	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

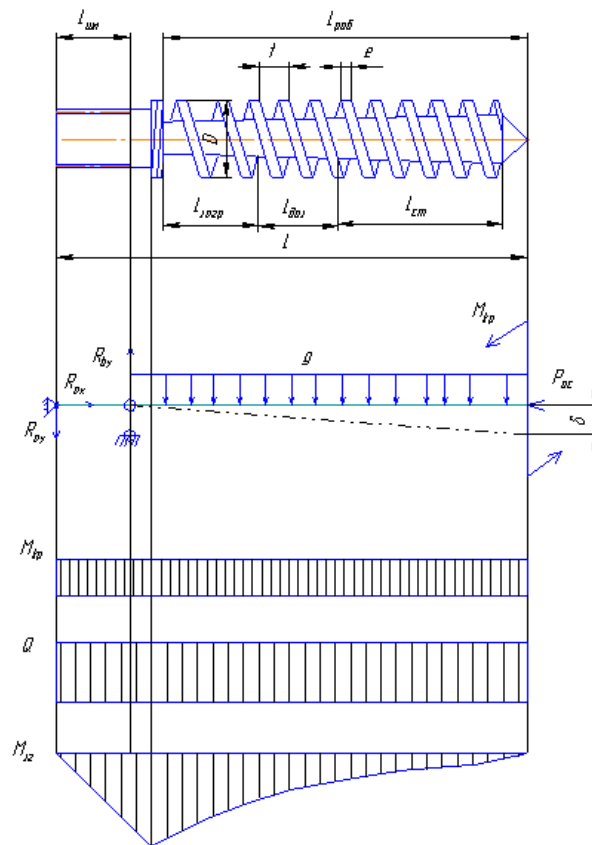


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема шнека та епюри напружень.

d_0 – діаметр осердя в зоні завантаження;

Дотичне напруження:

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_p} = \frac{5,09 \cdot 10^3}{2,02 \cdot 10^{-5}} = 252 \text{ МПа.} \quad (2.9)$$

де W_p - полярний момент опору:

$$W_p = \frac{\pi \cdot d_1^3 (1 - \alpha^4)}{16} = \frac{3,14 \cdot 0,047^3 \cdot (1 - 0,29^4)}{16} = 2,02 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 \quad (2.10)$$

Еквівалентне напруження за третьою теорією міцності:

$$\sigma_{см} = \sqrt{\sigma_{см}^2 + 4 \cdot \tau^2} = \sqrt{84,8^2 + 4 \cdot 252^2} = 511 \text{ МПа.} \quad (2.11)$$

Коефіцієнт запасу повинен перевищувати допустиме значення:

$$n = \frac{\sigma_t}{\sigma_{\text{экв}}} \geq [n] \quad (2.12)$$

Матеріал червяка сталь 38Х2МЮА для якої $\sigma_t = 880$ МПа.

Значення допустимого коефіцієнта запасу зазвичай 1,6...2 []

$$n = \frac{880}{511} = 1,72 \in [1,6; 2] \quad (2.13)$$

Умова міцності черв'яка виконується.

2.2 РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯКА НА КРУЧЕННЯ

Перевіряємо найбільш слабкий переріз на кручення:

$$N_\tau = \frac{\tau_1}{\tau_p \left(\frac{k_\tau}{\beta \cdot \varepsilon_\tau} + \zeta_\tau \right)} = \frac{252 \cdot 10^6}{32,2 \cdot 10^6 \cdot \left(\frac{1,9}{0,9 \cdot 0,59} + 0,05 \right)} = 2,16 \quad (2.14)$$

Де $\tau_1 = 252 \cdot 10^6$ – межа втоми при крученні для сталі 38Х2МЮА, Па;

$\beta = 0,9$ – коефіцієнт стану поверхні;

$K_\tau = 1,9$ – ефективний коефіцієнт концентрації напружень;

$\varepsilon_\tau = 0,59$ – коефіцієнт, що враховує вплив змінної складової напруження;

$\zeta = 0,05$ – коефіцієнт, що враховує вплив постійної складової напруження.

Розрахункове напруження кручення

$$\tau_p = \frac{M_{kp}}{2 \cdot W_{ro}} = \frac{5,09 \cdot 10^3}{2 \cdot 7,9 \cdot 10^{-5}} = 32,2 \text{ МПа.} \quad (2.15)$$

де W_{ro} – полярний момент опору крученню перерізу черв'яка з врахуванням жорсткості витків

					ЛП61-1.09.7240.70PP	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_{ro} = 2 \cdot \frac{I}{R} = 2 \cdot \frac{9,278 \cdot 10^{-7}}{0,0235} = 7,9 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3. \quad (2.16)$$

$I=9,278 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4$ – полярний момент інерції перетину черв'яка;

$R=0,0235$ – радіус сердечника черв'яка.

Підставивши всі значення в формулу, отримуємо запас міцності 2,16, що задовольняє умови.

2.3 РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯКА НА ЖОРСТКІСТЬ

Важливим є забезпечення умов жорсткості – максимальний прогин черв'яка повинен бути меншим конструкційного зазору $\delta_{\forall \max} \geq \delta_k$

Вихідні дані: Матеріал черв'яка сталь 38Х2МЮА, діаметр черв'яка $d=63\text{мм}$, зазор між корпусом і черв'яком $\delta = 0,15 \text{ мм}$, Е-модуль пружності, $E=2 \cdot 10^5 \text{ Мпа}$; $I=9,278 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4$ – полярний момент інерції перетину черв'яка; $P_{oc} = 53,1 \text{ кН}$.

Максимальний прогин дорівнює:

$$\delta = \frac{1}{EI} \left[\frac{q}{k^2} \left(\frac{1}{k^2} + \frac{l_p}{2} \right) - \frac{1}{k} \left(\frac{q}{k^2} + A \cdot l_p \right) \cdot \cos(k \cdot l_p) - \frac{1}{k^2} \left(\frac{q \cdot l_p}{k} - A \right) \cdot \sin(k l_p) \right]; \quad (2.17)$$

де:

$$k = \sqrt{\frac{P_{i\bar{n}}}{EI}} = \sqrt{\frac{53100}{2 \cdot 10^{11} \cdot 9,278 \cdot 10^{-7}}} = 0,53; \quad (2.18)$$

$$A = \frac{q \left[l_p - \frac{1}{k} \sin(k l_p) \right]}{k \cdot \cos(k l_p)} = \frac{2,35 \cdot \left[1,89 - \frac{1}{0,53} \sin(1,89 \cdot 0,53) \right]}{0,53 \cdot \cos(0,53 \cdot 1,89)} = 8,24; \quad (2.19)$$

Максимальний прогин :

					ЛП61-1.09.7240.70PP	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\delta_{\max} = \frac{1}{2 \cdot 10^{11} \cdot 9,278 \cdot 10^{-7}} \left[\frac{2,35}{0,53^2} \left(\frac{1}{0,53^2} + \frac{1,89}{2} \right) - \frac{1}{0,53} \left(\frac{1,89}{0,53^2} + 8,24 \cdot 1,89 \right) \cdot \cos(0,53 \cdot 1,89) - \frac{1}{0,53^2} \left(\frac{2,35 \cdot 1,89}{0,53} - 8,24 \right) \cdot \sin(0,53 \cdot 1,89) \right] = 0,08 \text{ мм}; \quad (2.20)$$

прогин в межах допустимого.

2.4 РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯКА НА ВИТРИВАЛІСТЬ

Оскільки черв'як витримує згинальний момент навантаження від циклічної дії власної ваги, доцільна його перевірка на витривалість [5]. Розраховуємо коефіцієнт запасу міцності під час циклічного навантаження

$$n_d = \frac{\sigma_{-1}}{(k_\sigma) d \cdot \sigma_a + \psi_\sigma \cdot \sigma_c} = \frac{0,4 \cdot 880}{4,643 \cdot 41,66 + 0,25 \cdot 0} = 1,82 \quad (2.21)$$

де $\sigma_{-1} = 0,4 \cdot \sigma_v$ - допустиме напруження під час циклічного навантаження ($\sigma_v = 1200 \dots 1400$ МПа);

σ_a - амплітуда змінювання напружень, у цьому випадку вони змінюються від $+\sigma_{\max}$ до $-\sigma_{\min}$ $+41,66 \leq \sigma_a \leq -41,66$

де σ_{\max} - найбільші напруження від дії згинального моменту

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{420,8}{1,01 \cdot 10^{-5}} = 41,66 \text{ МПа.} \quad (2.22)$$

$\sigma_c = 0$ - середнє напруження циклу, оскільки цикл симетричний; $\psi_\sigma = 0,25$;
 $(k_\sigma) d$ - ефективний коефіцієнт концентрації напружень, який можна знайти за формулою

					ЛП61-1.09.7240.70PP	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$(k_{\sigma})_d = \frac{k_{\delta}}{(\beta \cdot \varepsilon)} = \frac{1,95}{1 \cdot 0,42} = 4,643 \quad (2.23)$$

де $k_{\delta} = 1,9..2$ - коефіцієнт концентрації напружень; β – коефіцієнт, який враховує якість поверхні деталі (для полірованої поверхні черв'яка $\beta = 1$), $\varepsilon = 0,42$ - коефіцієнт, який враховує розмір перерізу деталі і обирається в залежності від діаметра з таблиць.

Всі умови розрахунку черв'яка на витривалість виконуються.

2.5 РОЗРАХУНОК ШЛІЦЬОВОГО З'ЄДНАННЯ

Черв'як з валом вузла упорного підшипника з'єднується шліцевим евольвентним з'єднанням 60×1,5×9 ГОСТУ 6033-80.

Розрахунок шліцевого з'єднання проводять на зм'яття втулки в місці її зіткнення з бічними поверхнями зубців.

$$\sigma_{зм} = \frac{M_{кр}}{\psi \cdot z \cdot h \cdot l \cdot r_{cp}} \leq [\sigma]_{зм} \quad (2.24)$$

де $M_{кр} = 5,09$ кН·м – крутячий момент, діє на валу черв'яка, $[\sigma]_{зм} = 60$ МПа – напруга зім'ягання що допускається на бічних поверхнях зубцешліцевих з'єднань,

$\psi = 0,75$ - коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу навантаження по зубцях,

$Z = 28$ - число зубців,

$L = 8,5$ см - робоча довжина уздовж осі валу;

h - робоча висота контактуючих зубців в радіальному напрямі;

r_{cp} - середній радіус, тобто відстань від осі обертання валу до середини висоти зубця:

					ЛП61-1.09.7240.70PP	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$r_{cp} = \frac{D_b + D_a}{4} \quad (2.25)$$

$$h = \frac{D_b - D_a}{2} \quad (2.26)$$

де $D_b = 6,0$ см - зовнішній діаметр,

D_a - внутрішній діаметр (кола виступів для отворів);

$m=0,3$ см – модуль.

При центруванні по боковим поверхням зубців:

$$D_a = D - 2 \cdot m = 6,3 - 2 \cdot 0,3 = 5,7 \text{ см}, \quad (2.27)$$

$$r_{\text{н\o}} = \frac{6,3 + 5,7}{4} = 3 \text{ н\o} \quad (2.28)$$

$$h = \frac{6,3 - 5,7}{2} = 0,3 \text{ н\o} \quad (2.29)$$

$$\sigma_{\text{н\o}} = \frac{5090}{0,75 \cdot 28 \cdot 0,3 \cdot 20 \cdot 3} = 13,5 \text{ н\o} \quad (2.30)$$

$$\sigma_{cm} < [\sigma]_{cm} \quad (2.31)$$

2.6 РОЗРАХУНОК МІЦНОСТІ БОЛТІВ

Проведемо розрахунок болтів, що сполучають корпус преса з фільтром, на міцність.

З'єднання здійснюється відкидними болтами М16, кількість болтів - 6, матеріал болтів - Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-71, термообробка 28....32 HRC, з'єднання проводиться з попереднім затягуванням.

Визначаємо розрахункове зусилля при одночасній дії центральної відриваючої сили і зусилля затягування з урахуванням пружних властивостей матеріалу болтів і з'єднань деталей.

					ЛП61-1.09.7240.70PP	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З умови збереження щільності стику:

$$P_{зам} = K \cdot (1 - \lambda) \cdot P \quad (2.32)$$

де: K - коефіцієнт затягування при постійному зовнішньому навантаженні: $K=1.3 \dots 1.5$, приймаємо: $K=1.4$.

λ - коефіцієнт основного навантаження для з'єднань із сталевих деталей без прокладки: $\lambda = 0,2 \dots 0,3$, приймаємо: $\lambda = 0,3$.

$P=53,1$ кН - осьове зусилля, що діє в циліндрі,

$$P_{зат} = 1,4 \cdot (1 - 0,3) \cdot 53,1 \cdot 10^3 = 52038 \text{ Н.} \quad (2.33)$$

Розрахункове навантаження з урахуванням крутячого моменту затягування:

$$P_p = 1,3 \cdot P_{зам} + \lambda \cdot p = 1,3 \cdot 52038 + 0,3 \cdot 53,1 \cdot 10^3 = 83579,4 \text{ Н.} \quad (2.34)$$

Навантаження доводиться на один болт:

$$P_z = \frac{P_p}{Z} = \frac{83579,4}{6} = 13929,9 \text{ Н.} \quad (2.35)$$

де $Z=6$ - число болтів.

Напруга розтягування, що виникає в болтах:

$$\sigma_p = \frac{P_z}{F} \leq [\sigma], \quad (2.36)$$

Де F - площа перетину болта М16,

$d_{BH}= 1,384$ см - внутрішній діаметр різьби М16

$$F = 0,785 \cdot d_B^2 = 0,785 \cdot 1,384^2 = 1,5 \text{ см}^2. \quad (2.37)$$

$$\sigma_p = \frac{13929,9}{1,5 \cdot 10^{-4}} = 92,9 \text{ МПа} \leq [\sigma]. \quad (2.38)$$

Визначимо напругу, що допускається, для болтів із сталі 30ХГСА.

$\sigma_t = 280$ МПа - межа текучості сталі 30ХГСА ГОСТ 4543-71, для перетину до 60мм,

					ЛП61-1.09.7240.70PP	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\sigma_B = 350 \text{ МПа}$ - межа міцності цієї сталі

Згідно ГОСТ 12816-80 при

$$\frac{\sigma_T}{\sigma_B} = \frac{280}{350} = 0,8 \quad (2.39)$$

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{\delta}}{1,5} \quad (2.40)$$

де $[\sigma]$ доп - напруга розтягування, що допускається, для болтів

$$[\sigma]_{\text{доп}} = \frac{280}{1,5} = 186,6 \text{ МПа}. \quad (2.41)$$

$$\sigma_p < [\sigma] \quad (2.42)$$

Розрахуємо вісь, навколо якої обертається відкидний болт, на зріз. Напруга зрізу:

$$\tau_{cp} = \frac{P}{F} \leq [\tau]_{ch} \quad (2.43)$$

де $P = 13929,9 \text{ Н}$ - розрахункове навантаження,

F - площа перетину осі,

d - діаметр осі,

$$F = 0,785 \times d^2 = 0,785 \times 1^2 = 0,785 \text{ см}^2, \quad (2.44)$$

$$\tau_{cp} = \frac{13929,9}{0,785 \cdot 10^{-4}} = 177,5 \text{ МПа} \leq [\tau]_{cp} \quad (2.45)$$

Матеріал осі - Сталь 40Х ГОСТ 4543-71, 28...32HRC.

$[\tau]_{cp} = 195 \text{ МПа}$ - напруга, що допускається, на зріз для матеріалу осі:

$$\tau_{cp} < [\tau]_{cp} \quad (2.46)$$

					ЛП61-1.09.7240.70PP	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.7 РОЗРАХУНОК МАТЕРІАЛЬНОГО ЦИЛІНДРА, НАПРУГ ВІД ДІЇ ТИСКУ

Вихідні дані :Внутрішній радіус корпусу $R_b=31,5\text{мм}$,зовнішній радіус корпусу $R_z=50\text{мм}$,тиск лиття $P=50\text{МПа}$.

1 Радіальний тиск :

$$\sigma_r^P = \frac{P \cdot R_b^2}{R_H^2 - R_b^2} * \left(1 - \frac{R_H^2}{r^2}\right); \quad (2.47)$$

де r -поточний радіус,

$r=R_b$ -при максимальному значенні радіального тиску.

$$\sigma_r^{P \max} = \frac{P \cdot R_b^2}{R_H^2 - R_b^2} * \left(1 - \frac{R_H^2}{R_b^2}\right) = \frac{50 \cdot 10^6 \cdot 31,5^2}{50^2 - 31,5^2} \left(1 - \frac{50^2}{31,5^2}\right) = -50\text{МПа}; \quad (2.48)$$

$$\sigma_r^{P \min} = \frac{P \cdot R_b^2}{R_H^2 - R_b^2} * \left(1 - \frac{R_H^2}{R_H^2}\right) = \frac{50 \cdot 10^6 \cdot 31,5^2}{50^2 - 31,5^2} \left(1 - \frac{50^2}{50^2}\right) = 0\text{МПа}; \quad (2.49)$$

2 Тангенціальна напруга :

$$\sigma_\tau^{P \max} = \frac{P \cdot R_b^2}{R_H^2 - R_b^2} * \left(1 + \frac{R_H^2}{R_b^2}\right) = \frac{50 \cdot 10^6 \cdot 31,5^2}{50^2 - 31,5^2} \left(1 + \frac{50^2}{31,5^2}\right) = 115,8\text{МПа}; \quad (2.50)$$

$$\sigma_\tau^{P \min} = \frac{P \cdot R_b^2}{R_H^2 - R_b^2} * \left(1 + \frac{R_H^2}{R_H^2}\right) = \frac{50 \cdot 10^6 \cdot 31,5^2}{50^2 - 31,5^2} \left(1 + \frac{50^2}{50^2}\right) = 65,8\text{МПа}; \quad (2.51)$$

3 Осьова напруга:

$$\sigma_z^{\max} = \frac{P \cdot R_b^2}{R_H^2 - R_b^2} = \frac{50 \cdot 10^6 \cdot 31,5^2}{50^2 - 31,5^2} = 32,9\text{МПа}; \quad (2.52)$$

					ЛП61-1.09.7240.70PP	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.8 РОЗРАХУНОК ТЕМПЕРАТУРНИХ НАПРУГ .

Вихідні дані :Внутрішній радіус корпусу $R_{в}=31,5\text{мм}$,зовнішній діаметр корпусу $R_3=50\text{мм}$, модуль пружності $E=2*10^5$ МПа , коефіцієнт лінійного розширення $\alpha=1*10^{-5}$ м/к.

1 Радіальна температурна напруга на стінках циліндра :

$$\sigma_r^t = \frac{E*\alpha(T_3-T_6)}{2*(1-\mu)\ln\frac{R_3}{R_6}} \left(\ln \frac{R_H}{r} + \frac{R_6}{R_3^2-R_6^2} * \right. \\ \left. * \left(1 - \frac{R_3^2}{R_6^2} \right) \ln \frac{R_3}{R_6} \right); \quad (2.53)$$

де $T_H-T_6=3...5^\circ\text{C}$,

$$\sigma_r^t = \frac{2*10^{11}*10^{-5}(5-1)}{2*(1-0,3)\ln\frac{50}{31,5}} \left(\ln \frac{50}{31,5} + \frac{31,5}{50^2-31,5^2} * \right. \\ \left. * \left(1 - \frac{50^2}{31,5^2} \right) \ln \frac{50}{31,5} \right) = 5,8\text{МПа}; \quad (2.54)$$

$$\sigma_r^t = \frac{2*10^{11}*10^{-5}(5-1)}{2*(1-0,3)\ln\frac{50}{31,5}} \left(\ln \frac{50}{50} + \frac{23}{58^2-53^2} * \right. \\ \left. * \left(1 - \frac{50^2}{50^2} \right) \ln \frac{50}{50} \right) = 0\text{МПа}; \quad (2.55)$$

2 Тангенціальна напруга :

$$\sigma_\tau^t = \frac{E*\alpha(T_3-T_6)}{2*(1-\mu)\ln\frac{R_3}{R_6}} \left(1 - 2\ln \frac{R_H}{r} + \frac{R_6^2}{R_3^2-R_6^2} * \right. \\ \left. * \left(1 - \frac{R_3^2}{r^2} \right) \ln \frac{R_3}{R_6} \right); \quad (2.56)$$

					ЛП61-1.09.7240.70PP	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_{\tau}^t = \frac{2 \cdot 10^{11} \cdot 10^{-5} \cdot (5-1)}{2 \cdot (1-0,3) \ln \frac{50}{31,5}} \left(1 - 2 \ln \frac{50}{31,5} + \frac{20^2}{55^2 - 40^2} * \right. \\ \left. * \left(1 - \frac{50^2}{31,5^2} \right) \ln \frac{50}{31,5} \right) = 1,45 \text{ МПа}; \quad (2.57)$$

$$\sigma_{\tau}^t = \frac{2 \cdot 10^{11} \cdot 10^{-5} \cdot (5-1)}{2 \cdot (1-0,3) \ln \frac{50}{31,5}} \left(1 - 2 \ln \frac{50}{50} + \frac{25^2}{34^2 - 30^2} * \right. \\ \left. * \left(1 - \frac{55^2}{55^2} \right) \ln \frac{50}{31,5} \right) = 8,87 \text{ МПа}; \quad (2.58)$$

3 Вісьова напруга :

$$\sigma_z^t = \frac{E \cdot \alpha (T_3 - T_6)}{2 \cdot (1 - \mu) \ln \frac{R_3}{R_6}} \left(1 - 2 \ln \frac{R_H}{r} - \right. \\ \left. \frac{2 R_6^2}{R_3^2 - R_6^2} * \ln \frac{R_3}{R_6} \right); \quad (2.59)$$

$$\sigma_z^t = \frac{2 \cdot 10^{11} \cdot 10^{-5} \cdot (5-1)}{2 \cdot (1-0,3) \ln \frac{50}{31,5}} \left(1 - 2 \ln \frac{50}{31,5} - \frac{2 \cdot 40^2}{31,5^2 - 40^2} * \ln \frac{50}{31,5} \right) = -8,3 \text{ МПа}; \quad (2.60)$$

$$\sigma_z^t = \frac{2 \cdot 10^{11} \cdot 10^{-5} \cdot (5-1)}{2 \cdot (1-0,3) \ln \frac{50}{31,5}} \left(1 - 2 \ln \frac{50}{50} - \frac{2 \cdot 31,5^2}{50^2 - 31,5^2} * \ln \frac{50}{50} \right) = 4.25 \text{ МПа}; \quad (2.61)$$

4 Сумарні напруги :

Радіальна:

$$\sigma_r = \sigma_r^p + \sigma_r^t; \quad (2.62)$$

$$\sigma_r = -50 + 5,8 = 44,2 \text{ МПа}; \quad (2.63)$$

$$\sigma_r = 0 + 0 = 0 \text{ МПа}; \quad (2.64)$$

Тангенціальні напруги :

					ЛП61-1.09.7240.70PP	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_{\tau} = \sigma_{\tau}^p + \sigma_{\tau}^t; \quad (2.65)$$

$$\sigma_{\tau} = 115,8 + 1,45 = 117,25 \text{ МПа}; \quad (2.66)$$

$$\sigma_{\tau} = 65,8 + 8,87 = 74,67 \text{ МПа}; \quad (2.67)$$

Осьова напруга :

$$\sigma_z = \sigma_z^p + \sigma_z^t; \quad (2.68)$$

$$\sigma_z = 32,9 - 8,3 = 24,6 \text{ МПа}; \quad (2.69)$$

$$\sigma_z = 32,9 + 4,25 = 37,15 \text{ МПа}; \quad (2.70)$$

Сумарне напруження знайдемо за четвертою теорією міцності :

$$\begin{aligned} \sigma_{\Sigma} &= \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1 \sigma_2 - \sigma_1 \sigma_3 - \sigma_2 \sigma_3} \leq [\sigma] = \\ &= \sqrt{44,2^2 + 117,25^2 + 24,6^2 - 44,2 * 117,25 - 44,2 * 24,6 - 117,25 * 24,6} = \\ &= 84,5 \text{ МПа} \leq 250 \text{ МПа}; \end{aligned} \quad (2.71)$$

Умови міцності виконуються .

3 ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯЧНОГО ПРЕСА

Тепловий розрахунок даної машини зводиться до розрахунку найбільш відповідального за температурні характеристики елементу - корпусу і черв'яка, який являє собою обичайку до якої підводиться як тепло, так і охолодження.

В даних елементах машини протікають найбільш важливі температурні процеси. **Ошибка! Источник ссылки не найден.**

Вихідні дані

					ЛП61-1.09.7240.70PP	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потужність встановленого електродвигуна – $N = 80$ кВт.

Початкова температура матеріалу – $t_{\text{поч}} = 20$ °С.

Кінцева температура матеріалу – $t_{\text{кін}} = 200$ °С.

3.1 ЕНЕРГЕТИЧНИЙ БАЛАНС

Кількість тепла , що необхідно відвести з охолоджувальною водою , визначається рівняння енергетичного балансу[1 , 6]:

$$N_{\text{охол.}} = N_{\text{дв.}} - (N_{\text{суміші}} - N_{\text{втрат}}) \quad (3.1)$$

де $N_{\text{дв.}}$ – встановлена потужність електродвигуна приводу ;

$N_{\text{сум.}}$ – потужність , що втрачається на нагрівання полімерної суміші ;

$N_{\text{втрат}}$ – втрати потужності в навколишній простір та в приводі машини

$$N_{\text{сум.}} = Q_{\text{сум.}} * 1.16 * 10^{-3}, \quad (3.2)$$

де $Q_{\text{сум.}}$ – кількість теплоти , що необхідне для нагріву перероблюваної полімерної суміші від $t_{\text{поч}}$ до $t_{\text{кін}}$.

$$Q_{\text{сум.}} = G * C_{\text{сум.}} * (t_{\text{кін.}} - t_{\text{поч.}}), \quad (3.3)$$

або

$$N_{\text{сум.}} = G * C_{\text{сум.}} * (t_{\text{кін.}} - t_{\text{поч.}}) * 1.16 * 10^{-3} \quad (3.4)$$

$$N_{\text{сум.}} = 160 \frac{\text{кг}}{3600 \text{сек}} * 1,5 * 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ\text{C}} * (200^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) * 1,16 * 10^{-3} = 13,9 \text{кВт.} \quad (3.5)$$

Для визначення втрат енергії загальний КПД черв'ячної машини $\eta = 0.7 \dots 0.9$ коефіцієнт , що враховує втрати енергії в приводі ЧМ .

Втрати потужності

$$N_{\text{пот.}} = N * (1 - \eta) = 80 * (1 - 0.88) = 80 * 0,12 = 9,6 \text{ (кВт.)} \quad (3.6)$$

Тоді

$$N_{\text{охол.}} = 80 - (13,9 + 9,6) = 56,5 \text{ (кВт.)} \quad (3.7)$$

					ЛП61-1.09.7240.70PP	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В перерозрахунку на теплову енергію

$$Q_{\text{охол.}} = N_{\text{охол.}} \cdot 860 = 56,5 \cdot 860 = 48590 \frac{\text{ккал.}}{\text{год.}} \quad (3.8)$$

Отримане значення теплової енергії потрібно відвести від перероблюваної полі мерної суміші , щоб підтримувати потрібний температурний режим по зонах ЧМ при заданих розмірах охолоджуючих поверхней

3.2 ЕНЕРГЕТИЧНИЙ БАЛАНС ТА ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯЧНОЇ МАШИНИ 63Х30

Теплофізичні властивості полімерних сумішей , що перероблюються
Питома теплоємність для поліетилену

$$C_{\text{сум.}} = 0,36 \text{ ккал}/(\text{кг} \cdot \text{K}) = 1,5 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{C}); \quad (3.9)$$

Коефіцієнт теплопровідності :

$$\lambda = 0.105 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$$

Вхідна температура полімеру :

$$T_{\text{вх.}} = 20 \text{ C}^\circ$$

Температура полімеру на виході з машини :

$$T_{\text{вих.}} \leq 200 \text{ C}^\circ$$

Температура охолоджувального повітря :

$$t_{\text{п}} = 25 \text{ C}^\circ$$

Охолодження корпуса преса – повітряне від індивідуальних вентиляторів.

Максимальна температура нагріву у вторинному контурі - 80 C .

Кількість тепла, що передається від полімерної суміші до охолоджувального повітря через розділяючі поверхні , знаходимо за основним рівнянням теплопередачі

					ЛП61-1.09.7240.70PP	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_{\text{хол.}} = K * F * \Delta t_{\text{сер}}, \quad (3.10)$$

де K – коефіцієнт теплопередачі, $\frac{Вт}{м^2 \cdot C}$

F – площа поверхні теплообміну, $м^2$;

$\Delta t_{\text{сер.}}$ – середньологаритмичний температурний напір між полімерною сумішшю та охолоджувальним повітрям.

Коефіцієнт теплопередачі визначимо за формулою

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\sigma_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad \frac{Вт}{м^2 \cdot C} \quad (3.11)$$

де α_1 – коефіцієнт тепловіддачі від полімерної суміші до стінки.

Значення цього коефіцієнта можна орієнтовно прийняти

$$\alpha_1 = 2000 \frac{Вт}{м^2 \cdot C}; [1, 7]$$

$\delta_{ст.} = 0,018$ м – товщина тепловіддаючої стінки;

$\lambda_{ст.} = 60$ – коефіцієнт теплопровідності стінки; [6]

α_2 – коефіцієнт тепловіддачі від стінки до повітря

$$\alpha_2 = \frac{Nu * \lambda_{п.н}}{d_{екв.}} \quad (3.12)$$

де $\lambda_{п.н} = 2,689 * 10^{-2} \frac{Вт}{м \cdot C}$ – коефіцієнт теплопровідності повітря при 40 C; [6]

$d_{екв.}$ – еквівалентний діаметр охолоджувального каналу, м

$$d_{екв.} = \frac{4 * f_k}{\Pi}, \quad (3.13)$$

Де

f_k – площа перетину охолоджувального каналу

$$f_k = \frac{\pi * (d_2^2 - d_1^2)}{4} = \frac{3,14 * (0,150^2 - 0,1^2)}{4} = 0,0098 [м^2] \quad (3.14)$$

					ЛП61-1.09.7240.70PP	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Pi = \pi \cdot d + \pi \cdot d = 3,14 \cdot 0,15 + 3,14 \cdot 0,1 = 0,785 \text{ [м]} \quad (3.15)$$

Змочуваний периметр охолоджувального каналу (в поперечному перетині)

$$d_{\text{екв.}} = 4 \cdot 0,0098 / 0,785 = 0,05 \text{ [м]} \quad (3.16)$$

Для вибору критеріального рівняння, що визначає значення Nu , знайдемо режим руху охолоджувального повітря в рубашці секції ЧМ.

При вимушеній течії

$$Re = V_{\text{сер.}} \cdot d_{\text{екв.}} \cdot \rho / \mu = V_{\text{сер.}} \cdot d_{\text{екв.}} / \nu \quad (3.17)$$

де $V_{\text{сер.}}$ – середня швидкість руху повітря в охолоджувальних каналах.

Попередньо приймемо витрати повітря на одну секцію машини ЧПК 125*25 орієнтовно 400 м³/год. Тоді швидкість повітря в рубашці охолодження складатиме

$$V_B = \frac{G_B}{3600 \cdot f_K} = \frac{400}{3600 \cdot 0,0098} = 11,3 \left[\frac{\text{м}}{\text{с}} \right] \quad (3.18)$$

$\nu = 16,42 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}} = 16,42 \cdot 10^{-6}$ - коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря при 40 С° [6].

Тоді

$$Re = V_B \cdot d_{\text{екв.}} / \nu = \frac{11,3 \cdot 0,05}{16,42 \cdot 10^{-6}} = 34451 \quad (3.19)$$

$$34451 > 10000$$

тобто маємо турбулентний режим руху, при якому для визначення Nu рекомендується наступне рівняння [1].

$$Nu = 0,76 \cdot Re^{0,5} \cdot Pr_{\text{pid.}}^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_{\text{pid.}}}{Pr_{\text{ст.}}} \right)^{0,25}, \quad (3.20)$$

де $Pr_{\text{ст.}}$ та $Pr_{\text{pid.}}$ - критерії Прандтля для рідини при температурі стінки та температурі охолоджувального повітря відповідно [6]

					ЛП61-1.09.7240.70PP	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$Pr = 0,70013$ при температурі $40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Для визначення Pr приймаємо попередньо

$$t_{cm.} = t_{в.сеп.} + 15\text{ }^{\circ}\text{C} = 40 + 15 = 55\text{ }^{\circ}\text{C}; Pr_{cm.} = 0,7 \text{ [6]} \quad (3.21)$$

$$Nu = 0.76 * Re^{0.5} Pr_{pid}^{0.43} * \left(\frac{Pr_{pid.}}{Pr_{cm.}} \right)^{0.25}, \quad (3.22)$$

$$\alpha_2 = \frac{121 * 2,689 * 10^{-2}}{0,05} = 65 \frac{Bm}{m^2 * ^{\circ}C} \quad (3.23)$$

					ЛП61-1.09.7240.70PP	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо коефіцієнт теплопередачі

$$K = \frac{1}{\frac{1}{2000} + \frac{0,018}{60} + \frac{1}{65}} = 68 \frac{Вт}{м^{\circ}C} \quad (3.24)$$

Середньологаритмічний температурний напір визначимо з наступного рівняння [6]

$$\Delta t_{сер} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{м}}{2.3 * Lg \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{м}}} \quad (3.25)$$

$$\Delta t_{\delta} = 200 - 40 = 160 \text{ та } \Delta t_{м} = 60 - 36 = 24 \quad (3.26)$$

$$\Delta t_{сер} = \frac{160 - 24}{2.3 * Lg \frac{160}{24}} = 71.8^{\circ}C \quad (3.27)$$

Поверхня охолодження ЧП складається з наступних складових :

а) для машини ЧП63х30

$$F_k = \pi * D_H * L * \varphi, \text{ м}^2, \quad (3.28)$$

де $D_H = 0,1$ м – зовнішній діаметр циліндра ;

$L = 2$ м – довжина циліндра ;

$\varphi = 0,9$ – коефіцієнт , що враховує поверхню , зайняту фланцями

$$F = 3,14 * 0,1 * 2 * 0,9 = 0,57 \text{ м}^2 ; \quad (3.29)$$

Кількість тепла , що відводиться з охолоджуючим повітрям

$$N_{охол.}^1 = 80 * 0,57 * 71,8 = 32,7 \text{ кВт} \quad (3.30)$$

Перевіримо зовнішню t_{cm} поверхні теплопередаючій стінки ЧМ (ПЕ)

$$N_{охол.}^1 = \alpha_2 * F_{сум.} * (t_{cm} - t_e) = \alpha_2 * F_{сум.} * \Delta t, \quad (3.31)$$

звідки

$$\Delta t = \frac{N_{охол.}^1}{\alpha_2 * F_M} = \frac{3270}{100 * 0,57} = 57^{\circ}C. \quad (3.32)$$

$$t_{cm} = \Delta t + t_{п} = 57 + 39 = 96^{\circ}C \quad (3.33)$$

					ЛП61-1.09.7240.70PP	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Що є задовільно.

Остаточно приймаємо сумарну продуктивність вентиляторів 400м3/год.

					ЛП61-1.09.7240.70PP	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

1 ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ	2
1.1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ КРЕСЛЕННЯ	2
1.2 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ ТА УМОВ ЇЇ РОБОТИ У ВУЗЛІ. ВИЗНАЧЕННЯ КЛАСУ ДЕТАЛІ	2
1.3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ І ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА.....	3
1.4 ОПРАЦЮВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ НА ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ ..	4
1.5 ВИБІР ЗАГОТОВКИ І ЇЇ ТЕХНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	5
1.6 ВИБІР ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ І ТИПОВИХ СХЕМ ОБРОБКИ ПОВЕРХОНЬ	5
1.7 ВИБІР ТИПУ ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ФРЕЗЕРУВАННЯ ПОВЕРХНІ Ø63H7	7
1.8 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ І ПРИНЦИП РОБОТИ ПРИСТРОЮ	8
1.9 РОЗРАХУНОК СИЛ ЗАКРІПЛЕННЯ	9
1.10 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ СИЛОВОГО ПРИВОДА.	10
ВИСНОВКИ.....	15

					ЛП61-1.09.7240.70PP		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Мудрик О. В.			Лінія для виробництва плівки з модернізацією екструдера	Літ.	Арк.
Перевір.		Чемерис А.О.					1
Реценз.						«КПІ», ім. Ігоря Сікорського	
Н. Контр.							
Затверд.							
						Акрушів	34

1 ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

1.1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ КРЕСЛЕННЯ

У результаті технологічного контролю креслення корпусу завантажувального отвору, яке було видано як завдання на дипломну роботу, виявлено наступне:

- на кресленні вказані всі розміри, необхідні для виготовлення деталі;
- шорсткість усіх поверхонь деталі вказана відповідно до ГОСТ 2789-73;
- допуски і відхилення розмірів наведені відповідно до ГОСТ 7505-89;
- допуски форми та розташування поверхонь вказані відповідно до ГОСТ 24643-81;
- вимоги до точності виготовлення поверхонь корпусу відповідають вимогам, які пред'явлені до шорсткості цих поверхонь.
- складування рукава в плоску плівку і обріз полотна на потрібну ширину і намотування відповідних довжин на шпулі;

1.2 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ ТА УМОВ ЇЇ РОБОТИ У ВУЗЛІ. ВИЗНАЧЕННЯ КЛАСУ ДЕТАЛІ

Наявність складального креслення вузла, в який входить корпус, дає нам можливість чітко зрозуміти те, що корпус працює в черв'ячній машині і контактуватиме в своїй роботі з гільзою. Гільза слугує, так званою «прокладкою» між корпусом машини, який виконаний з дешевої сталі та черв'яком. Економічно недоцільно виконувати весь корпус з дорогої сталі, цю проблему вирішили

					ЛП61-1.09.7240.70РР		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Лінія для виробництва плівки з модернізацією екструдера		
Розроб.		Мудрик О. В.					
Перевір.		Чемерис А.О.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.							
					Літ.	Арк.	Акрушів
						1	34
					«КПІ», ім. Ігоря Сікорського		

шляхом встановлення гільзи. Власне корпус виконується із стійких сталей 40, 45. При спрацюванні гільзи вона легко демонтується – замість того, щоб повністю перевиконувати корпус.

Розглядаючи конфігурацію і габарити, можна передбачити, що корпус є деталлю середнього машинобудування.

Корпус відноситься до класу деталей типу «порожнистий циліндр».

При виготовленні корпусу особливу увагу необхідно звернути на обробку точних установочних отворів Ø90f7, Ø100H7.

Корпус виготовляється зі сталі 45, яка використовується для виготовлення відповідальних деталей підвищеної точності і має такий хімічний склад та механічні характеристики [5, т.2, с.370]:

Таблиця 3 - Хімічний склад та механічні характеристики сталі 45

Сталь	C, %	Si, %	Mn, %	S, %	P, %
				не більше	
Ст45	0,42-0,5	0,17-0,37	0,5-0,8	0,04	0,035
<p>Межа міцності: при розтягуванні: $\sigma_{\sigma} = 610 \text{ МПа} = 61 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}$</p> <p>при згинанні: $\sigma_{\sigma} = 250 - 340 \text{ МПа} = 25 - 34 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}$</p> <p>НВ=143...207</p>					

1.3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ І ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА

Відповідно до заданої річної програми випуску деталей, а також в результаті аналізу конфігурації деталі, її маси і габаритів, можна стверджувати [2], що орієнтовно виробництво для виготовлення корпусу - середньо серійне.

					ЛП61-1.09.7240.70ТЕ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для середньо серійного виробництва раціональна не потокова форма організації виробництва. Виробничу дільницю організовують за принципом обробки конструктивно подібних деталей (дільниця корпусних деталей). На цій дільниці застосовують універсальне і спеціалізоване устаткування, розміщене у порядку виконання операцій. З одного робочого місця на друге деталі передають у тарі партіями за допомогою крана після виконання чергової операції.

1.4 ОПРАЦЮВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ НА ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ

Знаючи тип виробництва, матеріал деталі і її конфігурацію, можна використати для одержання заготовки метод гарячекатаного прокату.

Конфігурація прокату достатньо проста і забезпечує легке отримання заготовки.

Аналіз технологічності корпусу дозволяє зробити такі висновки:

- конструкція корпусу припускає обробку точного отвору $\varnothing 90H8$;
- конструкція корпусу забезпечує вільний доступ різального та вимірювального інструментів до оброблюваних поверхонь;
- деталь не має глухих точних отворів і не вимагає підрізки внутрішніх або закритих торців; усі оброблювані поверхні та отвори або паралельні, або розміщені під прямим кутом один до одного;
- конструкція визначається високою шорсткістю і припускає високі режими різання;
- деталь має точні поверхні достатньо великих розмірів, які можна використати як технологічні бази;

					ЛП61-1.09.7240.70TE	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- враховуючи конфігурацію, недоцільно міняти матеріал деталі, або замість прокатної заготовки використовувати литу.

1.5 ВИБІР ЗАГОТОВКИ І ЇЇ ТЕХНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Відповідно до вимог креслення і в результаті аналізу конструкції корпусу робимо висновок, що найбільш доцільно використовувати заготовку деталі із круглого прокату. Тому що це найбільш вигідний спосіб виготовлення корпусу. Цей спосіб не вимагає знімання якоїсь величини припуску, наприклад, як після лиття деталі. А дає змогу чітко отримати заготовку на токарному верстаті.

Величина і якість поверхонь які будуть проходити механічну обробку буде залежати від якості самого ріжучого інструменту, від якості(точності) верстату та від кваліфікації робочого, який обслуговує цей верстат. Також при обробці потрібно бути обережними з вимірюючим інструментом, тому що при перекосі мірної кромки інструменту веде до виготовлення бракованої деталі. А це дуже сильно віддає на матеріальні витрати виробництва. При підвищенні класу точності шорсткості на один клас призводить до збільшення вартості деталі майже в 2 рази. Тому при виготовленні деталі, конструкторам та токарям

потрібно точно і конкретно обговорити питання про подальше використання деталі, її клас точності та матеріал з якого буде виготовлятися деталь.

1.6 ВИБІР ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ І ТИПОВИХ СХЕМ ОБРОБКИ ПОВЕРХОНЬ

Типовий технологічний процес складається з таких етапів:

					ЛП61-1.09.7240.70ТЕ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- обробка значної за розмірами площини, яка служить у подальшому чистовою установочною базою;

- чорнове та чистове розточування і розвертання отвору, головним чином за один перехід;

- розточування внутрішніх і зовнішніх торцевих поверхонь;

- розточування внутрішніх фасок;

- свердління отвору;

Виходячи із заданих на кресленні вимог до якості (точності і шорсткості) оброблюваних поверхонь (рис.1) і типового технологічного процесу, підбирають типові схеми їх обробки:

– розточування центрального отвору 1 проточування поверхні 2 з одночасним підрізанням торця;

– точіння поверхні 3,8 з нарізанням різьби 8, 3;

– розточування отвору 1,4 з підрізанням торця ;

– свердління 2х отворів 5;

– свердління отвору 6 та нарізання різьби;

– фрезерування отвору 7;

– внутрішнє шліфування отвора 4.

					ЛП61-1.09.7240.70ТЕ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

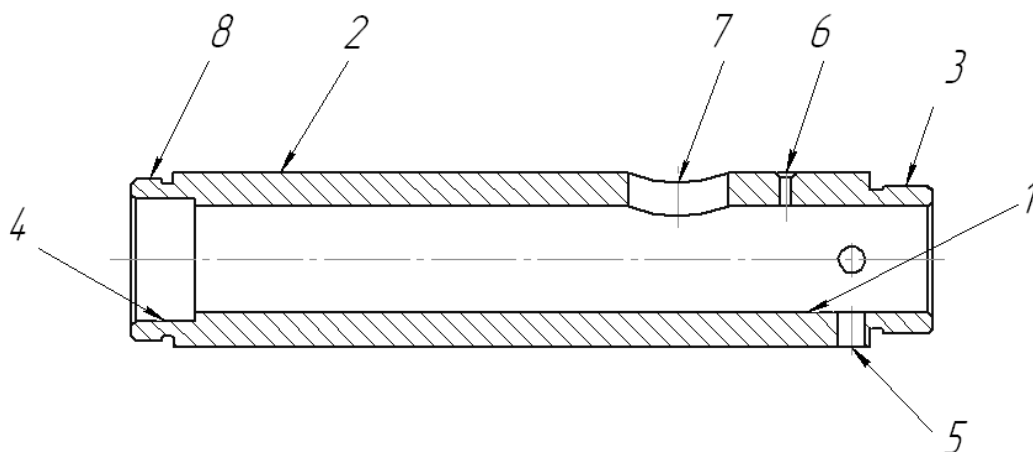


Рисунок 1.1 – Типові поверхні корпусу

1.7 ВИБІР ТИПУ ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ФРЕЗЕРУВАННЯ ПОВЕРХНІ Ø63H7

Схема базування заготовки і типу установочних елементів визначенні технологом. Розглянемо пристосування для фрезерних станків, передбачаючи вертикально-фрезерну операцію.

В серійному виробництві задача підвищення виробництва и полегшення праці робочих являється головною, тому пристосування мусить бути швидкодіючим, тобто максимально оснащеними механізованими силовими приводами, а в ряду випадків напівавтоматичними.

Наряду з цим в серійному виробництві до конструкцій пристосувань представляється ряд додаткових вимог, що витікають із специфіки даного виробництва:

1 скорочення термінів та собівартості підготовки виробництва, що в умовах великої номенклатури та частоті зміни об'єктів виробництва має вирішальне значення;

					ЛП61-1.09.7240.70ТЕ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 скорочення часу на переналагодження устаткування, що дуже важливо при впровадженні групових технологічних процесів і організації групових потоків у серійному машинобудуванні

3 економічність пристосувань.

Найбільшою мірою зазначеним вимогам відповідають переналагоджувані (групові та універсальні) і універсально-збірні (система УСП) пристосування, а також спеціалізовані налагоджувальні пристосування (система СНП).

У середньо-серійному виробництві широко застосовуються швидкодіючі спеціалізовані і спеціальні пристрої з пневмо і гідроприводом.

Задовольняючи умовами даного завдання, вибираємо пристосуванням для фрезерного верстата лещата з гідравлічним затиском.

1.8 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ І ПРИНЦИП РОБОТИ ПРИСТРОЮ

Пристосування спеціалізоване універсально-безналадочне з гідроприводом, призначено для базування і закріплення заготовок пустотілих циліндрів, валів при фрезеруванні на вертикально-фрезерному станку 6Р13.

Пристосування має корпус 1, до якого за допомогою болтів 18 туго закріплена призна 2. По бокам призми розташовані прихвати 9, до яких за допомогою болтів 21 прикріплені прижими 3. На нижній частині корпусу закріплюються направляючі шпонки 12, за допомогою яких пристосування базується на столі станка. Закріплення пристосування на столі здійснюється за допомогою болтів 15.

Пристосування працює наступним чином. Заготовку встановлюють на призму 2 і закріплюють прихватами 9. При подачі масла під тиском в порожнину гідроциліндра 4, поршень разом із штоком 7 рухається вправо,

					ЛП61-1.09.7240.70ТЕ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тиснуть на правий прихват, який прижимає з невеликим зусиллям заготовку до призми . Зусилля закріплення на правий прихват передається від шток-поршня гідроциліндра через проушину 11 і вісь 10. Таким чином, здійснюється закріплення заготовки. Для розжимутиск масла зменшується, штовхач відходить назад, тягне за собою прихват і відпускає заготовку.

1.9 РОЗРАХУНОК СИЛ ЗАКРІПЛЕННЯ

Розраховуємо швидкість різання за формулою:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v \quad (1.1)$$

де:

D – діаметр фрези;

T – період стійкості;

t – глибина фрезерування;

S_z – подача на зуб;

B – ширина фрезерування;

Z – число зубів фрези;

K_v – загальний поправочний коефіцієнт, уточнюючий фактичні умови різання,

$$\hat{E}_v = 1,08$$

$$v = \frac{12 \cdot 63^{0,3}}{90^{0,26} \cdot 0,1^{0,3} \cdot 0,1^{0,25} \cdot 63^0 \cdot 2^0} \cdot 1,08 = 37,031 \frac{i}{i \text{ } \grave{e} i} \quad (1.2)$$

Частоту обертів фрези найдем по формулі:

					ЛП61-1.09.7240.70TE	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 37,031}{3,14 \cdot 63} = 491,39 \frac{\hat{a}}{\hat{e} \hat{t}} \quad (1.3)$$

Найблища стандартна частота по паспорту станка , тому виправимо значення швидкості:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 63 \cdot 500}{1000} = 37,68 \frac{\hat{a}}{\hat{e} \hat{t}} \quad (1.4)$$

Знаходимо окружну силу при фрезеруванні по формулі:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{i \delta} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 0,1^{0,86} \cdot 0,1^{0,72} \cdot 64^1 \cdot 2}{64^{0,86} \cdot 500^0} \cdot 0,93 = 52H \quad (1.5)$$

Величини інших складових сили різання найдем через окружну силу.

Горизонтальна сила (подачі) $P_h = 0,4 \cdot P_z = 0,4 \cdot 52 = 20,8 \text{ Н}$.

Вертикальна сила $P_v = 0,9 \cdot P_z = 0,9 \cdot 52 = 46,8 \text{ Н}$.

Радіальна сила $P_y = 0,4 \cdot P_z = 0,4 \cdot 52 = 20,8 \text{ Н}$.

Осьова сила $P_x = 0,55 \cdot P_z = 0,55 \cdot 52 = 28,6 \text{ Н}$.

1.10 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ СИЛОВОГО ПРИВОДА.

Для закріплення заготовки використовується зажимний механізм. В зажимних механізмах зазвичай використовують пневматичні, гідравлічні і змішані типи приводів.

Пневматичний привід при своїй простоті і зручності експлуатації має ряд недоліків: перше, повітря зжимаєм і при перемінних навантаженнях пневмопривід не забезпечує достатньої жорсткості закріплення. Друге, даний вид привода розвиває менші зусилля, ніж гідропривід; і по третє, із-за миттєвого пуску пневмопривіда прижим буде різко битись по деталі, що негативно позначиться і на заготовці, і на затисному механізмі, і на умовах праці робочого. Відповідно, в нашому пристосуванні використаємо гідравлічний привід.

					ЛП61-1.09.7240.70ТЕ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Складемо схему затисного механізму

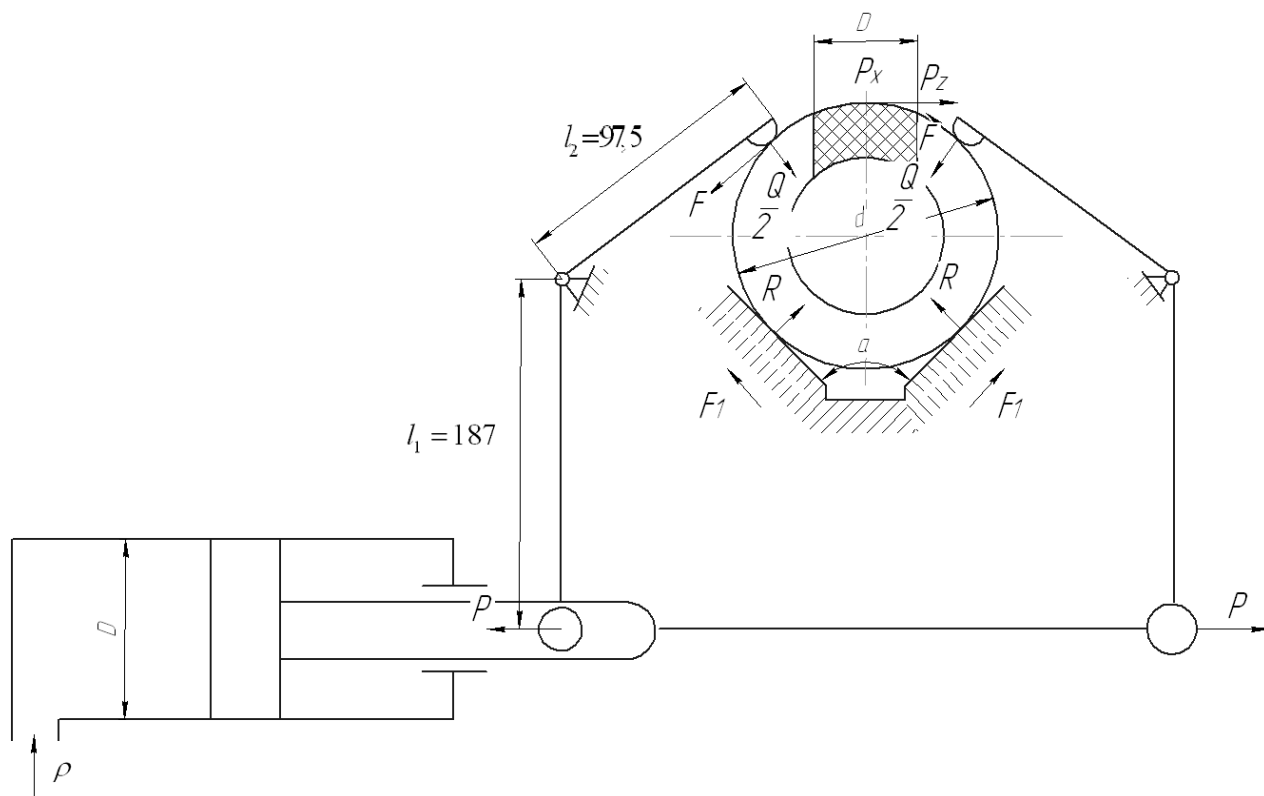


Рисунок 1.2 – схема затисного механізму

Необхідну силу закріплення Q заготовки обраховуємо по формулі:

$$Q = \sqrt{Q_{P_z}^2 + Q_{P_x}^2} \quad (1.6)$$

де

Q_{P_z} – необхідна сила закріплення заготовки при врахуванні сили різання P_z , створюючи момент різання;

Q_{P_x} – необхідна сила закріплення заготовки при врахуванні сили різання P_x , зміщуючи заготовку в напрямку подачі.

Силу Q_{P_z} и Q_{P_x} знаходимо із умови статичної рівноваги заготовки, що знаходиться під дією моментів сил P_z , P_x , F и F_1 .

$$-\frac{P_z d}{2} + \frac{(2F + 2F_1)d}{2} = 0; \quad -P_x + 2(F + F_1) = 0 \quad (1.7)$$

Так як $F = \left(\frac{Q}{2}\right) \operatorname{tg} \varphi$; $F_1 = R \operatorname{tg} \varphi_1$; $R = \frac{Q}{2}$; $\operatorname{tg} \varphi = f$; $\operatorname{tg} \varphi_1 = f_1$, то з урахуванням коефіцієнта запаса

$$Q_{P_z} = \frac{K_3 P_z}{(f + f_1)} \quad (1.8)$$

Аналогічно отримаємо

$$Q_{P_x} = \frac{K_3 P_x}{f + f_1} \quad (1.9)$$

Повна сила закріплення заготовки:

$$Q = \sqrt{Q_{P_z}^2 + Q_{P_x}^2} = \sqrt{\left(\frac{K_3 P_z}{(f + f_1)}\right)^2 + \left(\frac{K_3 P_x}{f + f_1}\right)^2} \quad (1.10)$$

Приймаємо по таб. 3 [10 стр. 384] $f = f_1 = 0,16$ – коефіцієнти тертя в місцях контакту заготовки з опорами і затисним механізмом відповідно.

В свою чергу коефіцієнт запаса, уточнюючий нестабільність силових впливів на заготовку, знаходимо по формулі:

$$K_3 = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 \quad (1.11)$$

де

$K_0 = 1,5$ – гарантований коефіцієнт запаса;

$K_1 = 1$ – коефіцієнт, уточнюючий вид технологічної бази;

$K_2 = 1,3$ – коефіцієнт, уточнюючий збільшення сил різання внаслідок затуплення ріжучого інструмента;

$K_3 = 1,2$ – коефіцієнт, уточнюючий переливність різання;

$K_4 = 1$ – коефіцієнт, характеризуючий постійність сили розвиненої затисним механізмом.

$K_5 = 1$ – коефіцієнт, характеризуючий ергономіку затисного механізму.

$K_6 = 1$ – коефіцієнт, характеризуючий установку заготовки.

$$K_3 = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,34 \quad (1.12)$$

Так як в результаті розрахунку $K_3 < 2,5$, то приймаємо $K_3 = 2,5$.

$$Q_{P_z} = \frac{2,5 \cdot 52}{0,32} = 406,25 \text{ Н} \quad (1.13)$$

$$Q_{P_x} = \frac{2,5 \cdot 28,6}{0,32} = 223,44 \text{ Н} \quad (1.14)$$

$$Q = \sqrt{406,25^2 + 223,44^2} = 463,64 \text{ Н} \quad (1.15)$$

Із умови статичної рівноваги прихватів

$$\frac{Q}{2} = Pl_1/l_2 \quad (1.16)$$

Сила P силового циліндра, необхідна для закріплення заготовки, дорівнює $P = 0,25\pi D^2 \rho \eta$, тоді діаметр поршня циліндра D може бути розрахований по формулі:

$$D = \sqrt{\frac{2Ql_2}{\pi \eta \rho l_1}} \quad (1.17)$$

Обраховуючи це рівняння відносно D , отримуємо:

$$D = \sqrt{\frac{4Ql_2}{\pi \eta \rho l_1}} \quad (1.18)$$

де ρ – робочий тиск масла, приймаємо 1 МПа;

					ЛП61-1.09.7240.70TE	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\eta = 0,9$ – КПД.

Знаходимо діаметр поршня гідроциліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 463,64 \cdot 97,5}{3,14 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 187}} = 185 \text{ мм} \quad (1.19)$$

В якості привода фрезерного пристосування вибираємо гідроциліндр по ГОСТ 19899-74 з діаметром поршня 190 мм.

Т.я. дійсна сила затиску $P = 0,25\pi D^2 \rho \eta = 11039 \text{ Н}$ привишає необхідну силу закріплення $Q = 463,64 \text{ Н}$ заготовки, то розрахунок виконано вірно.

					ЛП61-1.09.7240.70ТЕ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Метою даної роботи була модернізація екструдера в лінії для виготовлення плівки. Для якісного досягнення мети було розглянуто різноманітні лінії які відрізнялись конструктивно одна від одної, і визначено що об'єктом модернізації буде черв'як екструдера, визначенно слабкі сторони стандартного черв'яка, для його вдосконалення було проведено літературно-патентний огляд відомих вдосконалень . Аналітично оцінивши літературно-патентний огляд було прийнято рішення о додаванні бар'єрних витків які розміщено паралельно осі циліндричної втулки, а штовхальні - під нахилом до осі циліндричної втулки з тим самим напрямом, що і нарізка черв'яка екструдера.

Було виконано парметричні, теплові, міцнісні розрахунки , також було виконано розрахунки в програмі ANSYS що дозволяє перевірити можливість використання запропонованої модернізації при певних навантаження, з них можна зробити висновок що модернізований черв'як зможе витримати навантаження навіть при повному заклинюванні. Розробив техніку безпеки для використання лінії для виробництва плівки з використанням полімерів за допомогою методичних вказівок.

Як підсумок можна вважати розроблену машину повністю працездатною та вигіднішою для введення її в експлуатацію. Вдосконалена конструкція призведе до якіснішої кінцевої продукції.

					ЛП61-1.09.7240.70ТЕ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- 1 Шнек екструдера для переробки полімерних матеріалів: Патент №1595667, СРСР, В29с 47/60. Автори: Рахманов В.С., Співецький В.І., Пристайлов С.О., Сідоров Д.Е., Сидорова В.В.
- 2 Змішувальний черв'як одночерв'ячного екструдера: заявка №2-4408, Японія, Заявник К.К. Ниннон Сей косе.
- 3 Черв'як: патент №185493, США, МКІ В01F 7/08. Автор Nakamura Kensaku
Екструдер для переробки термопластичних матеріалів: СРСР А.С. 956290
Черв'як для формування пластмас: Україна, Заявка №U2006.11.933
- 4 Змішувальна секція черв'яка екструдера: патент №52667, Ковбаса К.П., Кучерявий О.П., Лукач Ю.Ю., Мікульонок І.О
- 5 Змішувально-диспергувальна секція черв'яка екструдера: патент №74756, автори Гончаренко В.В., Мікульонок І.О., Вознюк В.Т.
- 6 Щербина В.Ю., Конструкторське проектування обладнання. Конспект лекцій [Електронний ресурс] / Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2018. — 83 с. URL: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/25669>
- 7 Основи охорони праці. В.Ц. Жидецький, В.С. Джигирей, О.В. Мельников. — Львів: Афіша, 1999
- 8 Івіцький І.І., Соловей В.В., Сокольський О.Л., Олексішен В.О. "Вплив параметрів тривимірного друку на фізико-механічні властивості виробів із термопластів". *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження.* 2018. N 1. С. 17-24. DOI: [10.20535/2306-1626.1.2018.143344](https://doi.org/10.20535/2306-1626.1.2018.143344)
- 9 Смесительные машины для пластмасс и резиновых смесей. Д.Д.Рябинин, Ю.Е. Лукач, — М.: Машиностроение, 1972.—268 с.

					ЛП61-1.09.7240.70ТЕ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 10 Червячные машины для переработки резиновых смесей и пластических мас. Ю.Е. Лукач, Д.Д. Рябинин.—М.: Машиностроение, 1967.—364 с.
- 11 Швачко Д.Г., Щербина В.Ю. "Методика оперативного розрахунку теплового режиму в фасонному вогнетриві". *Вісник НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського». Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження*. 2019. №1(18). с. 102-109. DOI: <https://doi.org/10.20535/2617-9741.1.2019.171193>
- 12 Радченко Л.Б., Сівецький В.І. «Основи моделювання і конструювання червячних екструдерів» - Київ: «Політехніка», 2002 – 145 стор.
- 13 Ярошук Л.Д., Тюріна Є.О.. "Врахування стратегії сталого розвитку при автоматизації очищення олив та мастил адсорбентами," *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження*. 2019. N 1. С. 126-134. DOI: [10.20535/2617-9741.1.2019.171211](https://doi.org/10.20535/2617-9741.1.2019.171211)
- 14 Основи охорони праці. В.Ц. Жидецький, В.С. Джигирей, О.В. Мельников. — Львів: Афіша, 1999.
- 15 Карвацький А.Я., Мікульонок І.О., Борщик С.О., Караулова В.О. "Моделювання механічних властивостей армованих полімерних матеріалів пакувального призначення". *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження*. 2018. N 1. С. 24-32. DOI: [10.20535/2306-1626.1.2018.143371](https://doi.org/10.20535/2306-1626.1.2018.143371).
- 16 Сокольський О.Л., Дагдій В.М.. "Моделювання процесу видуву ПЕТ-тари із преформ". *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження*. 2018. N 1. С. 60-65. DOI: [10.20535/2306-1626.1.2018.143381](https://doi.org/10.20535/2306-1626.1.2018.143381)

					ЛП61-1.09.7240.70ТЕ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А

Програма розрахунку стінки корпусу

CLS

fi = 1: D = 126:sigma=150: Pr = 75

Vk = .1: Tus = 13.5: c3 = .3

Sr = Pr * D / (2 * sigma * fi - Pr)

PRINT , "РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ"

PRINT

s = 1

c1 = Vk * Tus

b: c2 = .05 * s

IF (c2 + c3) <= .05 * Sr THEN c = c1 ELSE c = c1 + c2 + c3

IF s >= Sr + c THEN GOTO n ELSE s = s + 1: GOTO b

v:

n: Pd = 2 * sigma * fi * (s - c) / (D + (s - c))

IF Pr <= Pd THEN GOTO k ELSE s = s + 1: GOTO v

k: IF s > 10 THEN GOTO g ELSE PRINT " Товщина стінки s=";s;"мм"

g: IF s / 2 = s \ 2 THEN PRINT " Товщина стінки s="; s; "мм" ELSE s = s + 1:

PRINT " Товщина стінки s="; s; "мм"

PRINT " Допустимий тиск Pd="; Pd; ; "МПа"

PRINT " Робочий тиск Pr="; Pr; "МПа"

END

Змішувальна секція черв'яка екструдера

Мудрик О.В., студент; Чемерис А.О., доц., к.т.н.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Запропоновано удосконалену конструкцію черв'яка екструдера, в якому змішувальна секція виготовляється з набору кулачків, що можуть розташовуватись під різними кутами. Конструкція дозволяє ефективно змішувати широкий спектр полімерних матеріалів.

Одними з найпоширеніших екструдерів є черв'ячні, основним робочим органом яких є черв'як, який в залежності від матеріалу, що перероблюється можуть виготовляти одно- чи багатосекційним [1]. Зазвичай, черв'яки спеціалізуються під конкретний матеріал або під доволі вузький їх ряд.

Метою роботи є покращення технологічних властивостей черв'яка в напрямку розширення діапазону перероблюваних матеріалів. Для досягнення поставленої задачі використовується рішення запропоноване в [2]. Змішувальна секція черв'яка виконується набірною з ряду змішувальних елементів 3 (рис. 1), що кріпляться на порожнистому корпусі 1 за допомогою шліцевого з'єднання.

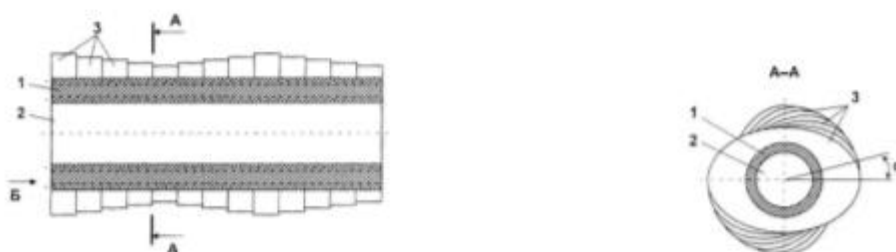


Рис.1. Змішувальна секція черв'яка

Змішувальні елементи виконуються у вигляді кулачків, що можуть розташовуватись під довільним кутом α . При цьому вони можуть виконувати штовхальну функцію (кут α знаходиться в діапазоні від 0 до 90°), гальмівну функцію (α від 0 до -90°) або нейтральну змішувальну функцію при куті $\alpha=90^\circ$. В залежності від властивостей перероблюваного матеріалу й необхідного технологічного режиму роботи екструдера змішувальні елементи на секцію встановлюються під певними кутами, секція закріплюється на осерді черв'яка, а черв'як монтується в корпусі екструдера. Процедура зміни кута повороту змішувальних елементів не є складним технологічним процесом і не потребує багато часу на виконання.

Таким чином, запропонована модернізація істотно розширює діапазон перероблюваних матеріалів та суттєво покращує технологічні властивості черв'яка та екструдера в цілому.

Література

1. Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов. - М.: Химия, 1986.
2. Патент №52667 МПК (2009) B29C 47/60. Змішувальна секція черв'яка екструдера / Ковбаса К.П., Кучерявий О.П., Лукач Ю.Ю., Мікульонюк І.О.; заявник – КПІ ім. Ігоря Сікорського; дата подання 10.09.2010.

Літературно – патентний огляд



УКРАЇНА

(19) UA (11) 52667 (13) U
(51) МПК (2009)
B29C 47/60
B30B 11/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ЗМІШУВАЛЬНА СЕКЦІЯ ЧЕРВ'ЯКА ЕКСТРУДЕРА

1

2

(21) u201000340

(22) 15.01.2010

(24) 10.09.2010

(46) 10.09.2010, Бюл. № 17, 2010 р.

(72) КОВБАСА КАТЕРИНА ПЕТРІВНА, КУЧЕРЯ-
ВИЙ ОЛЕКСАНДР ПАВЛОВИЧ, ЛУКАЧ ЮРІЙ
ЮХИМОВИЧ, МІКУЛЬОНОК ІГОР ОЛЕГОВИЧ
(73) КОВБАСА КАТЕРИНА ПЕТРІВНА, КУЧЕРЯ-
ВИЙ ОЛЕКСАНДР ПАВЛОВИЧ, ЛУКАЧ ЮРІЙ
ЮХИМОВИЧ, МІКУЛЬОНОК ІГОР ОЛЕГОВИЧ

(57) Змішувальна секція черв'яка екструдера, що містить корпус з центральним шліцевим отвором, а також послідовно розміщеними на ньому змішувальними елементами, змещеними по куту один відносно одного, яка відрізняється тим, що корпус виконано у вигляді циліндричної втулки зі шліцями на її зовнішній поверхні, а кожний із змішувальних елементів - у вигляді розміщуваного на циліндричній втулці купачка з центральним шліцевим отвором.

Корисна модель належить до екструзійного обладнання, зокрема до робочих органів черв'ячних екструдерів для перероблення матеріалів на основі високомолекулярних сполук.

Одними з найбільш розповсюджених екструдерів є черв'ячні, основним робочим органом яких є черв'як, який з метою підвищення змішувальної здатності в зоні гомогенізації споряджають однією або декількома змішувальними секціями. Так, відомо змішувальна секція черв'яка екструдера, що виконана як елемент черв'яка і містить послідовно розміщені на ньому змішувальні елементи, змещені по куту один відносно одного [а. с. 1359147 СРСР, МПК4 B29C 47/36: заявл. 27.02.1986; опубл. 15.12.1987]. Цей черв'як, на відміну від класичного, спорядженого лише гвинтовою нарізкою, забезпечує ефективне перероблення певного класу матеріалів, проте він має обмежену галузь застосування, оскільки характеризується незмінною геометрією робочого каналу.

Найбільш близьким за технічною сутністю до пропонованого технічного рішення є змішувальна секція черв'яка екструдера, що містить корпус з центральним шліцевим отвором, а також послідовно розміщеними на ньому змішувальними елементами, змещеними по куту один відносно одного і виконаними за одне шле з корпусом [Раузендаль К. Экструзия полимеров; пер. с англ. под ред. А. Я. Малинина. - СПб.: Профессия. 2006. - с. 577, рис. 10.2].

Завдяки виконанню зазначеної секції у вигляді окремої деталі і можливості її заміни, порівняно з аналогом, що розглянуто, технологічні можливості

відповідного черв'яка розширюються. Проте, зміна перероблюваного матеріалу і (або) режиму перероблення певного матеріалу може передбачати потребу наявності значної кількості змінних секцій різної геометрії (кількості і ширини змішувальних елементів, кута зсуву сусідніх купачків тощо).

В основу корисної моделі покладено задачу вдосконалення змішувальної секції черв'яка екструдера, в якій її нове конструктивне виконання забезпечує регулювання робочої геометрії секції, а отже розширення технологічних можливостей секції за рахунок можливості ефективного перероблення більш широкого класу матеріалів.

Поставлена задача вирішується тим, що в змішувальній секції черв'яка екструдера, що містить корпус з центральним шліцевим отвором, а також послідовно розміщеними на ньому змішувальними елементами, змещеними по куту один відносно одного, згідно з пропонованою корисною моделлю новим є те, що корпус виконано у вигляді циліндричної втулки зі шліцями на її зовнішній поверхні, а кожний із змішувальних елементів - у вигляді розміщуваного на циліндричній втулці купачка з центральним шліцевим отвором.

Виконання пропонованої змішувальної секції із зазначеними відмітними ознаками забезпечує швидке знімання секції з осердя черв'яка і зміну її геометрії в зручних умовах: заміною кількості, форми і (або) розмірів змішувальних елементів на циліндричній втулці. При цьому дискретність повороту сусідніх змішувальних елементів на циліндричній втулці визначається кроком виконаних на її зовнішній поверхні шліців. У разі кутового зсуву

(19) UA (11) 52667 (13) U

сусідніх змішувальних елементів у діапазоні від 0 до 90° змішувальна секція виконує штовхальну функцію, а разі зазначеного зсуву в діапазоні від 0 до мінус 90° - гальмівну функцію, а в разі зсуву в 90° - секція стає нейтральною (чисто змішувальною). При цьому функцію секції можна змінити без заміни змішувальних елементів (просто зміною кута їх відносного зсуву).

Сутність корисної моделі пояснюється кресленнями, на яких зображено: на Фіг.1 - змішувальна секція, подовжній розтин (змішувальні елементи умовно не заштриховано); на Фіг.2 - розтин за А-А на Фіг.1; на Фіг.3 - вид Б на Фіг.1.

Змішувальна секція містить корпус 1 з центральним шпильовим отвором 2, а також послідовно розміщеними на ньому змішувальними елементами 3, зміщеними по куту один відносно одного на кут α (Фіг.1-3). Корпус 1 виконано у вигляді циліндричної ступиці із шпильми 4 на її зовнішній поверх-

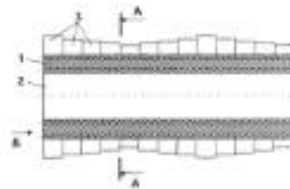
ні, а кожен із змішувальних елементів 3 - у вигляді розміщеного на циліндричній ступиці кулачка з центральним шпильовим отвором 5 (див. Фіг.3).

Змішувальна секція черв'яка екструдера працює в такий спосіб.

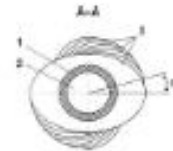
Залежно від властивостей перероблюваного матеріалу й режимів його перероблення змішувальні елементи 3 розміщують на корпусі 1, знятому для зручності з осердя черв'яка (не показано), з певним кутовим зміщенням а один відносно одного (як за величиною, так і за знаком).

Після цього складену змішувальну секцію встановлюють на осердя черв'яка екструдера (не показано), який, у свою чергу, монтують у корпусі екструдера.

Пропонована змішувальна секція істотно розширює технологічні можливості черв'яка та екструдера в цілому.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **74756** (13) **U**

(51) МПК

B29C 47/60 (2006.01)

B30B 11/24 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2012 04891**

(22) Дата подання заявки: **18.04.2012**

(24) Дата, з якої є чинними
права на корисну
модель: **12.11.2012**

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: **12.11.2012, Бюл.№ 21**

(72) Винахідник(и):

**Мікульонюк Ігор Олегович (UA),
Гончаренко Василь Власович (UA),
Вознюк В'ячеслав Тарасович (UA)**

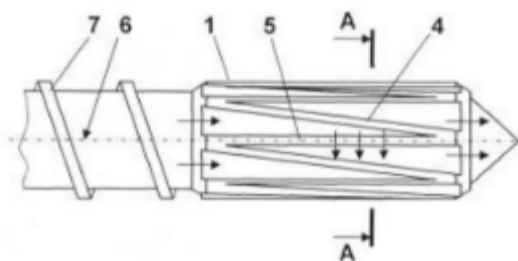
(73) Власник(и):

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ "КИЇВСЬКИЙ
ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ",
пр. Перемоги, 37, м. Київ-56, 03056 (UA)**

(54) ЗМІШУВАЛЬНО-ДИСПЕРГУВАЛЬНА СЕКЦІЯ ЧЕРВ'ЯКА ЕКСТРУДЕРА

(57) Реферат:

Змішувально-диспергувальна секція черв'яка екструдера містить корпус у вигляді циліндричної втулки з центральним шліцьовим отвором, на зовнішній поверхні якої виконано поздовжні пази, що сходяться нанівець і відкриті по черзі з одного боку й закриті з іншого, з утворенням між сусідніми пазами розміщених по черзі штовхальних і бар'єрних витків, при цьому діаметр кола, описаного навколо вершин штовхальних витків, більший за діаметр кола, описаного навколо вершин бар'єрних витків. Бар'єрні витки розміщено паралельно осі циліндричної втулки, а штовхальні - під нахилом до осі циліндричної втулки з тим самим напрямом, що і нарізка черв'яка екструдера.



Фіг. 1

UA 74756 U

Корисна модель належить до екструзійного обладнання, зокрема до робочих органів черв'ячних екструдерів для перероблення матеріалів з використанням високомолекулярних сполук.

Одними з найбільш розповсюджених екструдерів є черв'ячні, основним робочим органом яких є черв'як, який з метою підвищення змішувальної здатності в зоні гомогенізації споряджають однією або декількома змішувально-диспергувальними секціями. Так, відома змішувально-диспергувальна секція черв'яка екструдера, що містить корпус у вигляді циліндричної втулки з центральним шліцьовим отвором, на зовнішній поверхні якої виконано поздовжні пази постійної глибини й ширини, відкриті по черзі з одного боку й закриті з іншого, з утворенням між сусідніми пазами розміщених по черзі штовхальних і бар'єрних витків, при цьому діаметр кола, описаного навколо вершин штовхальних витків, більший за діаметр кола, описаного навколо вершин бар'єрних витків, бар'єрні і штовхальні витки розміщено паралельно осі циліндричної втулки [Раувендааль К. Екструзия полимеров / пер. с англ. под ред. А. Я. Малкина. - СПб.: Профессия, 2008. - С. 489, рис. 8.66]. Ця секція забезпечує ефективне змішування й диспергування компонентів перероблюваної композиції, проте вона характеризується наявністю застійних зон на початкових і кінцевих ділянках пазів, що негативно впливає на якість одержуваної продукції.

Найбільш близьким за технічною суттю до пропонованого технічного рішення є змішувально-диспергувальна секція черв'яка екструдера, що містить корпус у вигляді циліндричної втулки з центральним шліцьовим отвором, на зовнішній поверхні якої виконано поздовжні пази, що сходяться нанівець і відкриті по черзі з одного боку й закриті з іншого, з утворенням між сусідніми пазами розміщених по черзі штовхальних і бар'єрних витків, при цьому діаметр кола, описаного навколо вершин штовхальних витків, більший за діаметр кола, описаного навколо вершин бар'єрних витків, бар'єрні і штовхальні витки розміщено з протилежним нахилом до осі циліндричної втулки [там само, С. 491, рис. 8.68].

Завдяки виконанню цієї секції з пазами зазначеної геометрії утворення застійних зон у пазах унеможливується, проте розміщення бар'єрних і штовхальних витків з протилежним нахилом до осі циліндричної втулки спричинює підвищені витрати енергії під час проходження секцією перероблюваної композиції.

В основу корисної моделі поставлено задачу вдосконалити змішувально-диспергувальну секцію черв'яка екструдера, в якій її нове конструктивне виконання забезпечує зниження витрат енергії під час проходження секцією перероблюваної композиції за умови забезпечення її високої змішувально-диспергувальної здатності.

Поставлена задача вирішується тим, що в змішувально-диспергувальній секції черв'яка екструдера, що містить корпус у вигляді циліндричної втулки з центральним шліцьовим отвором, на зовнішній поверхні якої виконано поздовжні пази, що сходяться нанівець і відкриті по черзі з одного боку й закриті з іншого, з утворенням між сусідніми пазами розміщених по черзі штовхальних і бар'єрних витків, при цьому діаметр кола, описаного навколо вершин штовхальних витків, більший за діаметр кола, описаного навколо вершин бар'єрних витків, згідно з пропонованою корисною моделлю новим є те, що бар'єрні витки розміщено паралельно осі циліндричної втулки, а штовхальні - під нахилом до осі циліндричної втулки з тим самим напрямом, що і нарізка черв'яка екструдера.

Виконання пропонованої секції з пазами зазначеної геометрії не тільки унеможливує утворення застійних зон у пазах, а й знизює витрату енергії під час проходження секцією перероблюваної композиції, оскільки бар'єрні витки, на відміну від найближчого аналога, не гальмують перероблювану композицію, а штовхальні витки навіть сприяють просуванню зазначеної композиції через секцію.

Суть корисної моделі пояснюється кресленнями, на яких зображено: на Фіг. 1 - змішувальна секція, загальний вигляд; на Фіг. 2 - розріз за А-А на Фіг. 1; на Фіг. 3 - змішувальна секція, вигляд з торця.

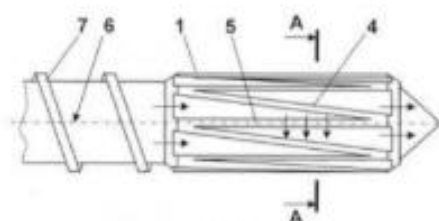
Змішувально-диспергувальна секція черв'яка екструдера містить корпус у вигляді циліндричної втулки 1 з центральним шліцьовим отвором 2, на зовнішній поверхні якої виконано поздовжні пази 3, що можуть бути виконані різного поперечного перерізу, сходяться нанівець і відкриті по черзі з одного боку й закриті з іншого, з утворенням між сусідніми пазами 3 розміщених по черзі штовхальних 4 і бар'єрних 5 витків, при цьому діаметр кола D , описаного навколо вершин штовхальних витків 4, більший за діаметр кола d , описаного навколо вершин бар'єрних витків 5. Бар'єрні витки 5 при цьому розміщено паралельно осі 6 циліндричної втулки 1, а штовхальні витки 4 - під нахилом до осі циліндричної втулки з тим самим напрямом, що і нарізка 7 черв'яка екструдера (Фіг. 1-3).

Секція черв'яка екструдера працює в такий спосіб.

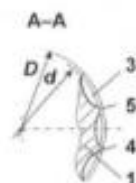
Після потрапляння перероблюваної композиції з робочого каналу черв'яка в пази 3, відкриті з боку нарізки черв'яка, вона через бар'єрні витки 5 циліндричної втулки 1 у вигляді тонкої плівки перетікає в сусідні пази 3, відкриті з боку наконечника черв'яка (лів. Фіг. 1). Завдяки формі пазів 3 композиція в них не затримується, а вчасно виходить із секції і далі потрапляє до формувальної головки (не показано).

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

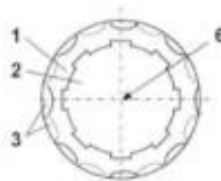
Змішувально-диспергувальна секція черв'яка екструдера, що містить корпус у вигляді циліндричної втулки з центральним шліцьовим отвором, на зовнішній поверхні якої виконано поздовжні пази, що сходяться нанівещ і відкриті по черзі з одного боку й закриті з іншого, з утворенням між сусідніми пазами розміщених по черзі штовхальних і бар'єрних витків, при цьому діаметр кола, описаного навколо вершин штовхальних витків, більший за діаметр кола, описаного навколо вершин бар'єрних витків, яка відрізняється тим, що бар'єрні витки розміщено паралельно осі циліндричної втулки, а штовхальні - під нахилом до осі циліндричної втулки з тим самим напрямом, що і нарізка черв'яка екструдера.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3

Комп'ютерна верстка А. Крижанівський

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601